



MANUAL DE OPERACIONES DEL NUEVO VASO DE DISPOSICION PARA LA SOLUCION DE OPERACION DURANTE EL CIERRE

ELABORADO POR: CONSORCIO SOLUCIONES HIDROSUELOS

FECHA: Septiembre de 2015

CÓDIGO: CSH-I-03-MO

VERSIÓN: 1.0



TABLA DE CONTENIDO

1	GENERALIDADES	0
2	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	2
2.1	CONDICIONES DE ACCESO AL SISTEMA DE DISPOSICIÓN FINAL.....	2
2.1.1	Por el prestador de servicio.....	2
2.2	FRENTE DE TRABAJO Y RESTRICCIONES E IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS	3
2.2.1	Frente de trabajo.....	3
2.2.2	Restricciones e identificación de residuos	3
2.2.3	Adecuación vías Internas	4
2.3	COMPACTACIÓN DE LOS RESIDUOS	5
2.4	MATERIAL DE COBERTURA DIARIA	5
2.5	CONTROL DE AGUA DE INFILTRACIÓN Y DE ESCORRENTÍA.....	6
2.5.1	Control de agua de infiltración y escorrentía.....	6
2.6	RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS	9
2.6.1	Recolección de lixiviados:.....	9
2.6.2	Tratamiento de lixiviados.....	14
2.7	RECOLECCIÓN, CONCENTRACIÓN Y VENTEO DE GASES	15
2.8	ACCIONES DE MANEJO Y CONTROL PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES.....	24
2.8.1	Cobertura final	25
2.8.2	Adecuación de obras complementarias y paisaje.....	31
2.9	EQUIPOS E INSTALACIONES DE INSTRUMENTACIÓN	32
2.9.1	Inclinómetros	32
2.9.2	Pozos de monitoreo.....	33
2.9.3	Piezómetros	35
2.10	PROCESOS OPERATIVOS DESDE LA ENTRADA DE LOS RESIDUOS AL RELLENO SANITARIO HASTA SU DISPOSICIÓN FINAL	36
2.10.1	Diagrama de operación del nuevo vaso.....	36
2.10.2	Condiciones de acceso	36

2.10.3	Vías de acceso	36
2.10.4	Frentes de trabajo	37
2.10.5	Control de entrada.....	38
2.10.6	Descarga de los desechos sólidos.....	40
2.10.7	Descenso y nivelación de los desechos.....	41
2.10.8	Conformación de la celda diaria	43
2.10.9	Compactación.....	43
2.10.10	Cobertura diaria.....	45
2.10.11	Restricción e identificación de residuos.....	47
2.10.12	Residuos sólidos que requieren operación especial	47
2.10.13	Control de agua lluvias.....	48
2.10.14	Recolección y manejo de lixiviados.....	50
2.10.15	Laguna de lixiviados	53
2.10.16	Recolección y manejo de gases para evitar malos olores	58
2.10.17	Control para estabilidad de taludes.....	61
2.11	PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.....	62
2.11.1	Preparación del sitio	62
3	INVERSIONES	70
3.1	CONSTRUCCIÓN.....	70
3.2	EQUIPO Y MAQUINARIA REQUERIDA.....	70
3.3	PERSONAL REQUERIDO	72
3.3.1	Personal operativo.....	72
3.3.2	Personal administrativo	72
3.3.3	Procesos operativos desde entrada hasta disposición final	73
4	BIBLIOGRAFÍA	75
5	INFOGRAFIA.....	75

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 MANTO TEMPORAL VERDE (COBERTURA DIARIA)	6
FIGURA 2.2 CUENTAS PERIMETRALES EN TIERRA.....	7
FIGURA 2.3 CUENTAS EN GEOMEMBRANA	7
FIGURA 2.4 DISEÑO CUNETAS DE MANEJO DE AGUAS LLUVIAS CIERRE TÉCNICO Y CLAUSURA BOTADERO A CIELO ABIERTO	8
FIGURA 2.5 MANEJO DE AGUAS LLUVIAS NUEVO VASO DE DISPOSICIÓN.....	9
FIGURA 2.6 CONFIGURACIÓN CHIMENEAS DE BIOGÁS	11
FIGURA 2.7 DISEÑO GENERAL RED DE LIXIVIADOS	12
FIGURA 2.8 DISEÑO CAJA DE INSPECCIÓN	13
FIGURA 2.9 DISEÑO ZANJA DE DRENAJE DE LIXIVIADOS.....	14
FIGURA 2.10 SISTEMA DE RECIRCULACIÓN LIXIVIADOS	15
FIGURA 2.11 IMPLEMENTACIÓN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN	15
FIGURA 2.12 UBICACIÓN CHIMENEAS ÁREAS A CLAUSURA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
FIGURA 2.13 CHIMENEA DE DESGASIFICACIÓN Y QUEMADOR DE BIOGÁS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
FIGURA 2.14 UBICACIÓN GENERAL DE LAS CHIMENEAS EN EL NUEVO VASO	21
FIGURA 2.15 ESQUEMA GENERAL DE LAS CHIMENEAS DE EXTRACCIÓN DE BIOGÁS	22
FIGURA 2.16 DETALLE CONTRACTIVO CHIMENEAS SOBRE RED DE DRENAJE DE LIXIVIADOS	23
FIGURA 2.17 DETALLE CONTRACTIVO GAVIONES VERTICALES	23
FIGURA-2.18 ESTADO ACTUAL BOTADERO "MARMOLEJO" Y ÁREA A CLAUSURAR	24
FIGURA 2.19 PERFIL DE COBERTURA FINAL	28
FIGURA 2.20 DISEÑO CIERRE TÉCNICO Y CLAUSURA BOTADERO ACTUAL	29
FIGURA 2.21 DISEÑO CIERRE TÉCNICO Y CLAUSURA NUEVO VASO DE DISPOSICIÓN	30
FIGURA 2.22 COORDENADAS DE UBICACIÓN DE INCLINOMETROS Y POZOS DE MONITOREO.....	32
FIGURA 2.23 DETALLE CONSTRUCTIVO INCLINOMETROS.....	33
FIGURA 2.24 ADECUACIÓN POZO DE MONITOREO	34
FIGURA 2.25 UBICACIÓN INSTRUMENTACIÓN DE MONITOREO INCLINOMETROS Y POZOS DE MONITOREO	34
FIGURA 2.26 UBICACIÓN PIEZÓMETROS	35
FIGURA 2.27 DIAGRAMA DE OPERACIÓN DE LA CELDA	36
FIGURA 2.28 VÍA DE ACCESO	36
FIGURA 2.29 CERCAMIENTO PERIMETRAL	39
FIGURA 2.30 NIVELACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS	41
FIGURA 2.31 ETAPAS DE LLENADO	42
FIGURA 2.32 MANEJO Y CUBRIMIENTO DE CELDAS	43

FIGURA 2.33 BULDÓCER D6D	44
FIGURA 2.34 DIAGRAMA DE CONFORMACIÓN DE LAS CELDAS DIARIAS	45
FIGURA 2.35 MANTO TEMPORAL VERDE (COBERTURA DIARIA)	46
FIGURA 2.36 MANEJO DE AGUAS LLUVIAS NUEVO VASO DE DISPOSICIÓN	49
FIGURA 2.37 DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS HACIA EL DRENAJE PLUVIAL	50
FIGURA 2.38 ESQUEMA DE LA RED PRINCIPAL DE DRENAJE DE LIXIVIADOS	51
FIGURA 2.39 RED DE LIXIVIADOS	52
FIGURA 2.40 ESQUEMA DE ZANJAS DEL SISTEMA DE DRENAJE DE LIXIVIADOS	53
FIGURA 2.41 LAGUNA DE LIXIVIADOS	54
FIGURA 2.42 CASETA DE BOMBEO	55
FIGURA 2.43 CURVA DEL SISTEMA	56
FIGURA 2.44 RED DE ASPERCIÓN DE LIXIVIADOS	57
FIGURA 2.45 SISTEMA DE DRENAJE DE GASES EN RELLENOS SANITARIOS	59
FIGURA 2.46 DISTRIBUCIÓN DE CHIMENEAS EN LA CELDA DE DISPOSICIÓN	60
FIGURA 2.47 GAVIÓN VERTICAL	60

INDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 PERFIL DE COBERTURA FINAL.....	25
TABLA 2.2 UBICACIÓN PIEZÓMETROS	35
TABLA 2.3 SUPERVISIÓN DEL CONTROL DE ENTRADA AL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL	38
TABLA 2.4 CURVA DEL SISTEMA	56
TABLA 2.5 RESUMEN DEL CÁLCULO DE BOMBAS A INSTALAR.....	56
TABLA 2.6 DATOS DE LA BOMBA REQUERIDA:.....	57
TABLA 3.1 CANTIDADES Y CONSTRUCCIÓN PARA OPERACIÓN	70
TABLA 3.2 MAQUINARIA REQUERIDA	71
TABLA 3.3 PERSONAL ÁREA DE OPERACIÓN DEL RELLENO	72
TABLA 3.4 PERSONAL ÁREA ADMINISTRATIVA	72

1 GENERALIDADES

Con base en lo establecido en el Decreto 838 de 2005, en el Título II, Consideraciones ambientales y técnicas de planeación, construcción y operación de rellenos sanitarios, en el Artículo 8, se estipula que el prestador de servicio de aseo en la actividad complementaria de disposición final de residuos sólidos deberá formular y desarrollar antes del inicio de la operación un reglamento operativo, que se dé a conocer a los usuarios en el momento de la solicitud de acceso al servicio. El RAS actualizado 2012 en el numeral F6.9. Reglamento operativo del relleno sanitario, recomienda que antes de la operación del sitio de disposición final de residuos sólidos, el prestador deberá tener estructurado un manual operativo que debe ser concordante con el estudio de impacto ambiental y las medidas de manejo que se plantean como contingencia a los impactos que genera la actividad complementaria de disposición final de residuos sólidos.

Durante la etapa de diagnóstico de las condiciones actuales de operación del botadero se identificaron algunos indicadores que son la base para la formulación del reglamento operativo, el municipio de Quibdó para el año 2016 genera un promedio de 95 Ton/día, este apunte se encuentra inmerso en el informe 2 estudios y diseños del plan de cierre, clausura y restauración ambiental del botadero a cielo abierto Marmolejo. En la actualidad el servicio de recolección de residuos sólidos no ofrece una cobertura del 100% en el casco urbano de la ciudad de Quibdó y de corregimientos aledaños por ello cerca de un 30 % del volumen del total generado es dispuesto de manera inadecuada en cuerpos de agua, en laderas o en sitios de fácil acceso destinados para tal fin, para este proceso se trabaja con el total del volumen que se genera, ya que se quiere proyectar un escenario en el que se garantice una cobertura del 100%. Teniendo en cuenta que se pretende como alcance final optimizar el servicio de aseo de la ciudad de Quibdó.

El botadero a cielo abierto Marmolejo se encuentra ubicado en el predio denominado con el mismo nombre a una distancia aproximada de 5.0 km del límite del casco urbano de la ciudad de Quibdó, este sitio opera como botadero a cielo abierto hace aproximadamente 20 años y los procesos de compactación, desgasificación, manejo de lixiviados, manejo paisajístico, manejo de roedores, vectores, y cobertura de residuos es deficiente, generando así graves impactos ambientales como, contaminación de suelo, contaminación de aguas superficiales, generación de olores desagradables, entre otros, en el alcance del proyecto estudios y diseños del plan de cierre, clausura y restauración ambiental del botadero a cielo abierto Marmolejo se considera llevar a cabo un cierre técnico y clausura del sitio ya impactado con residuos y adecuar una nueva área que permita la disposición final de residuos sólidos durante la etapa de clausura y parte de la postclausura, mientras se construye un relleno sanitario regional para la ciudad de Quibdó y

municipios aledaños. Que se considera inicialmente 3 años contados a partir del primero (1) de enero del año 2017.

2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

2.1 CONDICIONES DE ACCESO AL SISTEMA DE DISPOSICIÓN FINAL

En todo el relleno sanitario se deben establecer condiciones de acceso para que un usuario pueda acceder al servicio de actividad complementaria de disposición final, tal como está definido en el Decreto 2436 de 2008, por el cual se reglamenta parcialmente el Artículo 101 de la Ley 1151 de 2007, se debe incluir como mínimo los siguientes requisitos.

2.1.1 Por el prestador de servicio

- Capacidad operativa instalada, el operador debe contar con la maquinaria y equipos necesarios para la operación del relleno sanitario, los cuales deben determinarse con base en el volumen de operación en toneladas por día, y deberá verse reflejada en función del rendimiento de los equipos y de la mano de obra.
- Capacidad operativa ocupada. Se refiere a la capacidad ocupada en toneladas por día que, a la fecha de solicitud de acceso al servicio tiene el operador en el proceso de disposición final de residuos sólidos.
- Capacidad operativa adicional, se refiere a la capacidad en toneladas por día, que el operador del servicio está en capacidad de instalar en un tiempo no mayor a 15 días para poder dar el servicio a nuevos usuarios, se debe indicar clase y rendimiento de equipos a instalar y mano de obra a contratar.
- Flujo promedio diario de residuos sólidos en toneladas por día, que se están disponiendo en el relleno sanitario, al momento de la solicitud de acceso al servicio. Con base en la información de los numerales 1 y 2 la persona prestadora del servicio en la actividad complementaria de disposición final, deberá realizar la evaluación de acceso al servicio para lo cual determinará:
- Flujo promedio diario de residuos sólidos en toneladas por día, que se están disponiendo en el relleno sanitario sumado a la cantidad de residuos sólidos adicionales requeridos por el usuario solicitante del servicio del relleno sanitario.

- Capacidad en toneladas por día, de las áreas de disposición final incorporadas por la entidad territorial al POT, PBOT, o EOT, respectivo, según sea el caso, de los municipios a los cuales les presta actualmente el servicio de disposición final y del solicitante.
- Capacidad operativa requerida para disponer, tanto los residuos que se vienen disponiendo, como los residuos para los cuales potencialmente se solicite el acceso al servicio.

Con el fin de llegar a un acuerdo de acceso al servicio del solicitante debe garantizarse que la cantidad de residuos adicional solicitada no supere el 50 % del flujo promedio diario de ingreso al relleno sanitario y que el operador cuente con capacidad operativa instalada y capacidad operativa adicional que supere la capacidad operativa requerida, y se cuente con el convenio de reciprocidad entre las partes.

2.2 FRENTE DE TRABAJO Y RESTRICCIONES E IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS

2.2.1 Frente de trabajo

El ingreso al relleno sanitario debe estar indicado y enunciado con carteles, diagramas; así como las barreras y casillas de ingreso y vigilancia, la operatividad del frente de trabajo debe ser continua en cualquier época del año, en el caso de operación nocturna el frente de trabajo debe estar iluminado en su totalidad.

2.2.2 Restricciones e identificación de residuos

2.2.2.1 Exclusión de residuos peligrosos

Los residuos peligrosos deben ser excluidos del proceso de disposición final del relleno sanitario, esto con el fin de prevenir la contaminación de aguas subterráneas, por incompatibilidad con otros materiales del relleno sanitario, y por ende agregar más cargas al lixiviados que al final del proceso encarecen el proceso de tratamiento, dichos residuos deben dársele un manejo adecuado de acuerdo a la normativa actual vigente que regula su disposición final. Como recomendación a esta exclusión de residuos sólidos puede emplear los siguientes métodos:

- Inspecciones aleatorias: puede realizarse una inspección simple en la que el operador lleva a cabo una inspección visual de los residuos contenidos en el vehículo recolector, si algunos materiales no son aceptados por ser residuos peligrosos o ser residuos no

conocidos, lo que constituye un nivel de riesgo, deben ser rechazados y manejados apropiadamente.

- Control en la fuente: al realizar inspecciones en la fuente, todos los residuos dispuestos vendrán de fuentes confiables, de esta manera puede identificarse las características de los residuos, antes de llegar al sitio, este método se recomienda para rellenos sanitarios o botadero con tecnología de relleno sanitario donde se disponen una cantidad mayor a 15 Toneladas por día.

2.2.2.2 Separación de residuos peligrosos:

Si se considera que algún tipo de residuo no debe ser aceptado y dispuesto, el operador puede recházalo hasta que se determine que es apto para su disposición; de lo contrario el operador es responsable si se realiza la disposición y de las consecuencias ambientales y económicas, que esto conlleve. El almacenamiento temporal de residuos no aceptados puede realizarse por un periodo de 90 días y deben ser etiquetados como residuos peligrosos para su fácil identificación, y deben almacenarse en un área restringida donde solamente tenga acceso personal autorizado.

2.2.2.3 Notificación y observación del registro

Si se encuentra residuos que son rechazados, ya sea en el sitio o durante las inspecciones, el operador debe registrar toda la información y notificarla a la entidad encargada. Este registro debe incluir fecha y hora en el que el residuo fue recibido, nombre y firma del conductor fuente del residuo y observaciones y resultados de la inspección.

2.2.3 Adecuación vías Internas

Es necesario que al realizar la clausura de las celdas igualmente se adecuen las vías internas con el fin de permitir el acceso y tránsito de vehículos al interior del botadero, dichas vías se diseñan teniendo en cuenta condiciones de maniobrabilidad para vehículos que realizan humectación y riego de la barrera ambiental contemplando un diseño paisajístico que mitigue el impacto visual del relleno. La Construcción de vías incluye las cunetas con sus correspondientes estructuras de entrega o descole a receptores.

La adecuación de la vía actual debe ser en material afirmado, en un ancho que permita el desplazamiento de los vehículos no menor de 6 metros. Los porcentajes de compactación del afirmado deben ser superiores al 80%, ya que, de no ser así, el tránsito por estas vías en épocas de lluvias crearía serios trastornos en la operación del botadero.

Con el fin de mantenerlas en buen estado se hace indispensable la construcción de drenes o cunetas que permitan captar las aguas lluvias fuera de la vía las cuales están descritas en el plano de manejo de aguas lluvias.

2.3 COMPACTACIÓN DE LOS RESIDUOS

En la actualidad al botadero a cielo abierto de la ciudad de Quibdó "Marmolejo" llegan alrededor de 95 Ton/día de residuos sólidos, al ser un relleno sanitario con una disposición diaria mayor a 15 ton/día debe lograr un adecuado grado de compactación, por ello se recomienda descargar los residuos sólidos en la celda y comenzar la compactación de una manera uniforme, para evitar la construcción de rampas para el desplazamiento de la maquinaria, igualmente trabajar en pendientes que faciliten realizar el trabajo de compactación, la compactación debe hacerse en capas de espesores no mayores a 30 cm y de tres a cuatro pasadas como mínimo, las pendientes de diseño para el vaso de disposición que operara durante el cierre en "Marmolejo" debe ser 3H:1V.

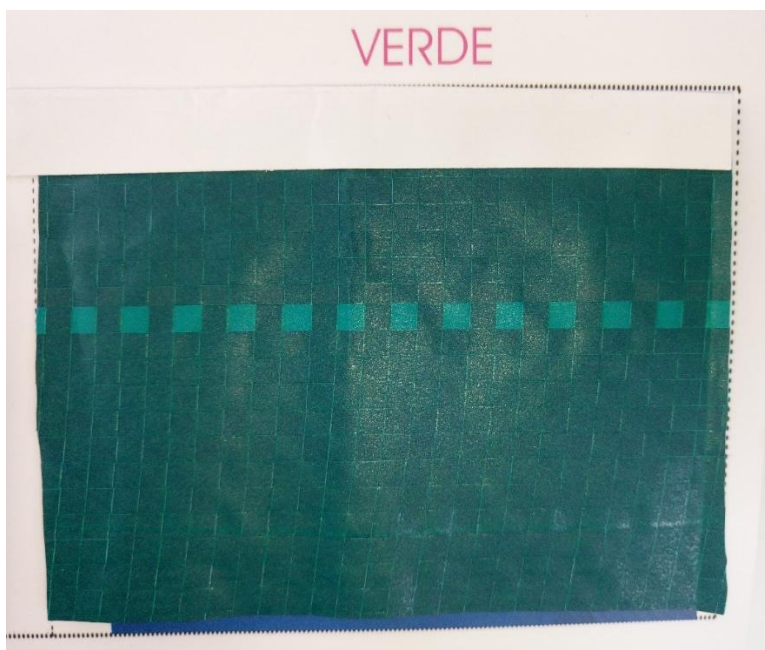
2.4 MATERIAL DE COBERTURA DIARIA

Al final de cada jornada de trabajo es necesario cubrir los residuos, Los principales objetivos de dicha actividad son:

- ✓ Controlar la humedad, y evitar percolaciones de aguas lluvias dentro de los residuos
- ✓ Evitar que los residuos sean arrastrados por corrientes de aire y llevados a sitios que no son destinados para tal fin.
- ✓ Manejo de olores desagradables.
- ✓ Evitar la proliferación de roedores, vectores y aves
- ✓ Un mejor acceso de los vehículos al frente de trabajo
- ✓ Prevención de incendios
- ✓ Disminuir en grandes proporciones el impacto visual producido por sitios de esta naturaleza.

Al final de cada jornada laboral se propone cubrir el área de los residuos con matos temporales de lana polimérica tejida, que viene laminada con una película de color verde en una de sus caras, dicho manto viene diseñado para cubrir residuos sólidos, y evita la proliferación de roedores y vectores y una generación adicional de lixiviados. Permite una fácil manipulación dentro del relleno sanitario gracias a su bajo peso.

Figura 2.1 Manto temporal Verde (Cobertura diaria)



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

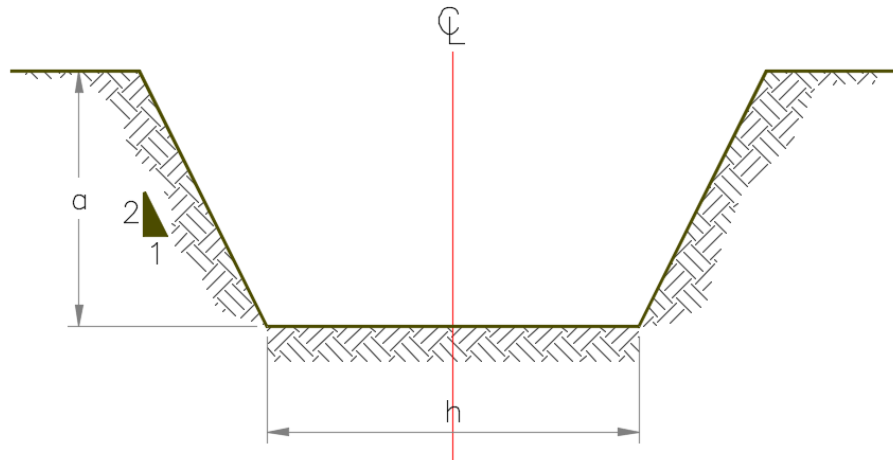
2.5 CONTROL DE AGUA DE INFILTRACIÓN Y DE ESCORRENTÍA

2.5.1 Control de agua de infiltración y escorrentía

Es necesario prevenir el flujo de agua que corre hacia el relleno y evitarse problemas de erosión, para este fin debe diseñarse una serie de cuentas perimetrales en concreto o en tierra que faciliten la captación, manejo y posterior descole en corrientes de agua cercanas, dichas cunetas son diseñadas teniendo en cuenta periodos de retorno de 10 años.

- ✓ Cunetas perimetrales: deben ubicarse gradiente arriba del relleno sanitario para evitar que el agua de escorrentía entre a la celda y gradiente abajo para recibir el agua de escorrentía de las partes cerradas y clausuradas del vaso.

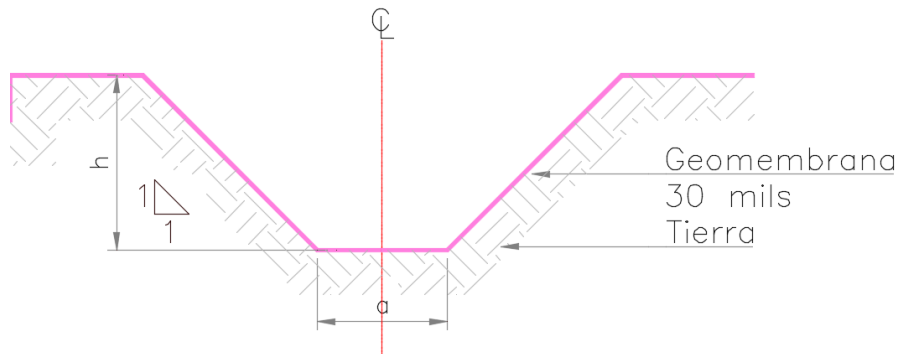
Figura 2.2 Cuentas perimetrales en tierra



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

- ✓ Cunetas en geomembrana: las cunetas en geomembrana deben construirse sobre las bermas del lleno de la celda, y deben tener profundidades según diseño, pendientes promedio de 0.8 %– 3%, y reciben el flujo de agua que escurre sobre los taludes.

Figura 2.3 Cuentas en geomembrana



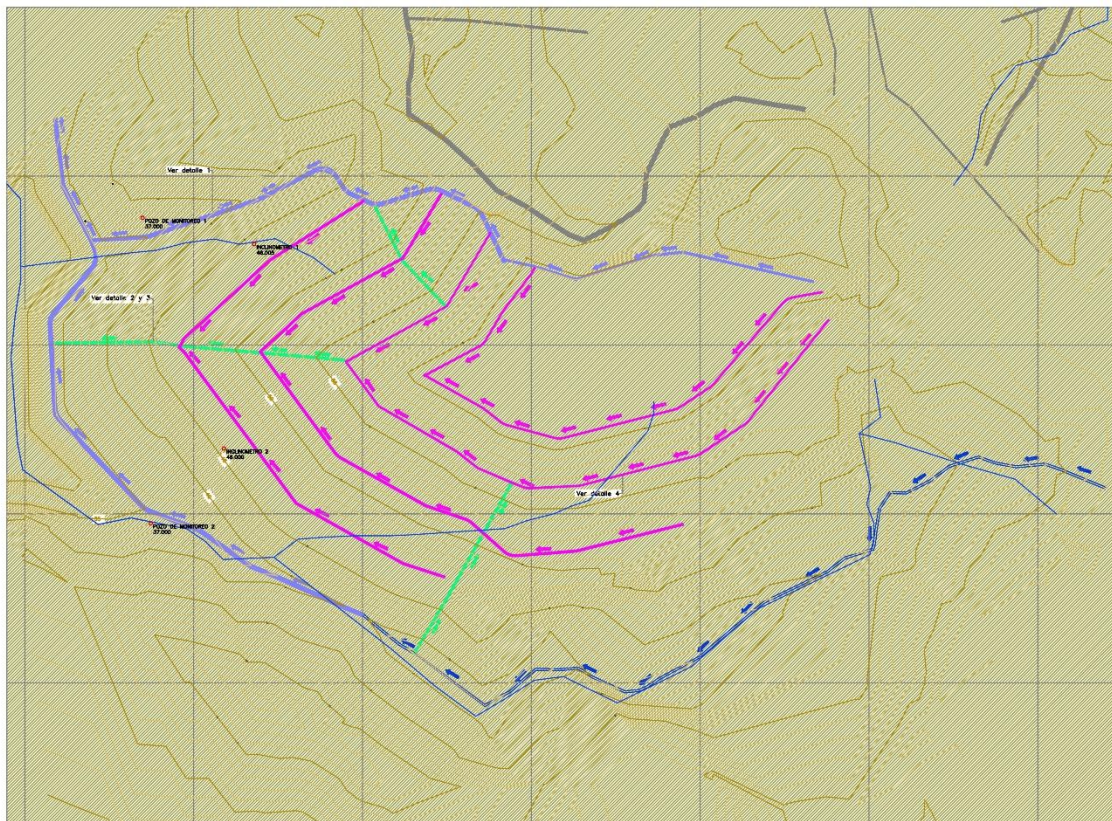
Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

Figura 2.4 Diseño cunetas de manejo de aguas lluvias cierre técnico y clausura botadero a cielo abierto



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

Figura 2.5 Manejo de aguas lluvias nuevo vaso de disposición



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

2.6 RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS

2.6.1 Recolección de lixiviados:

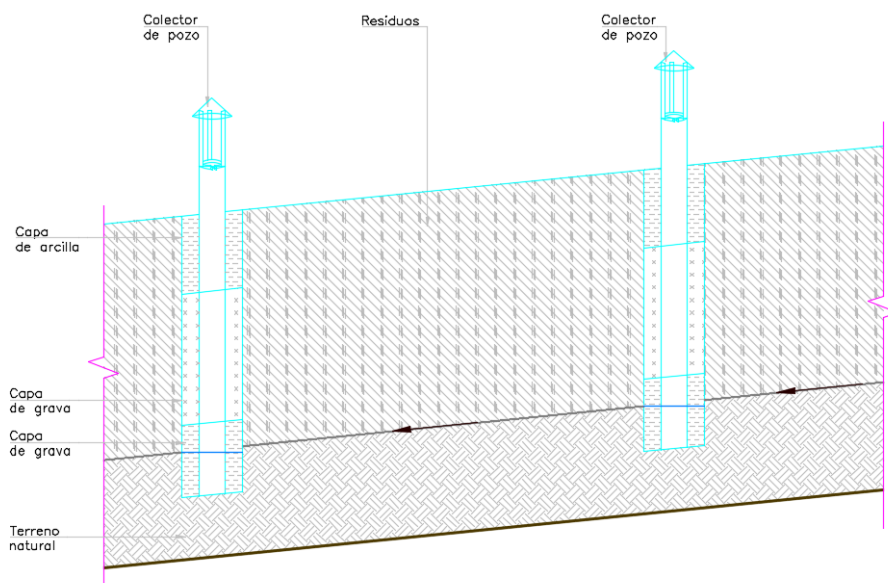
En el reglamento operativo del relleno sanitario o botadero a cielo abierto que implemente tecnología de relleno sanitario debe considerarse la construcción de un sistema interno para el drenaje de lixiviados, y traslado hasta el sitio de tratamiento.

2.6.1.1 Cierre técnico y clausura botadero actual, durante el proceso de cierre técnico y clausura del botadero a cielo abierto marmolejo se considera la adecuación e instalación de una cobertura final compuesta por varias capas que cumplen funciones específicas y son las recomendadas en el título F del (RAS ACTUALIZADO 2012), al ser una barrera evitara la infiltración de agua lluvia y por consiguiente no habrá generación de lixiviados por percolación, se mantendrá la generación de lixiviado por descomposición de los residuos lo cual equivale a un 5 % del volumen que se genera actualmente. El botadero marmolejo lleva en operación un tiempo aproximado de 20 años durante el cual nunca se implementó un método de extracción y manejo de lixiviados de la masa de residuos. El lixiviado actualmente drena por escorrentía o se infiltra en el suelo.

Como medida de manejo y de mitigación se considera un sistema de extracción a través de las chimeneas de biogás esta medida funciona periódicamente con la instalación de una manguera que se insertara por la tubería de desgasificación y una electrobomba para drenar el lixiviado hacia la laguna de lixiviados. Es necesario emplear la electrobomba que funcionara para el proceso de recirculación, ya el tiempo de bombeo de lixiviados no supera las 8 horas diarias.

Las chimeneas que serán empleadas para el proceso de extracción de lixiviado deberán tener una configuración diferente a las demás, una perforación más profunda estas deberán estar hasta 1 m por debajo del terreno natural, lo cual generara un espacio donde se almacenara un volumen de lixiviado que será bombeado semanalmente de 3 a 4 veces.

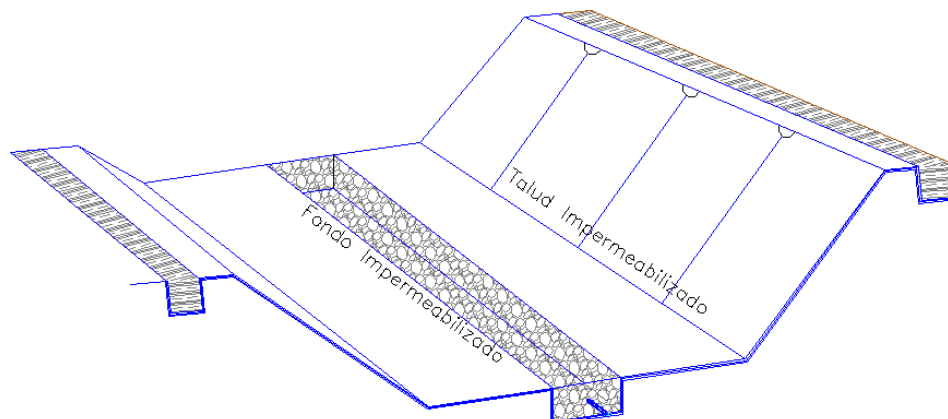
Figura 2.6 Configuración chimeneas de biogás



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

2.6.1.2 Vaso de disposición, el drenaje de lixiviados es un proceso operativo de gran importancia durante toda la vida útil del vaso de disposición, este proceso favorece la reducción en la presión de poros de la masa de residuos lo cual lleva a una mejor estabilidad de los taludes, y disminuye la probabilidad de que se generen superficies de falla. Las dimensiones que se estipulan en el diseño, son planteadas basados en la generación proyectada de lixiviados y la capacidad de los pondajes que se tienen actualmente en el relleno sanitario.

Figura 2.7 Diseño general red de lixiviados

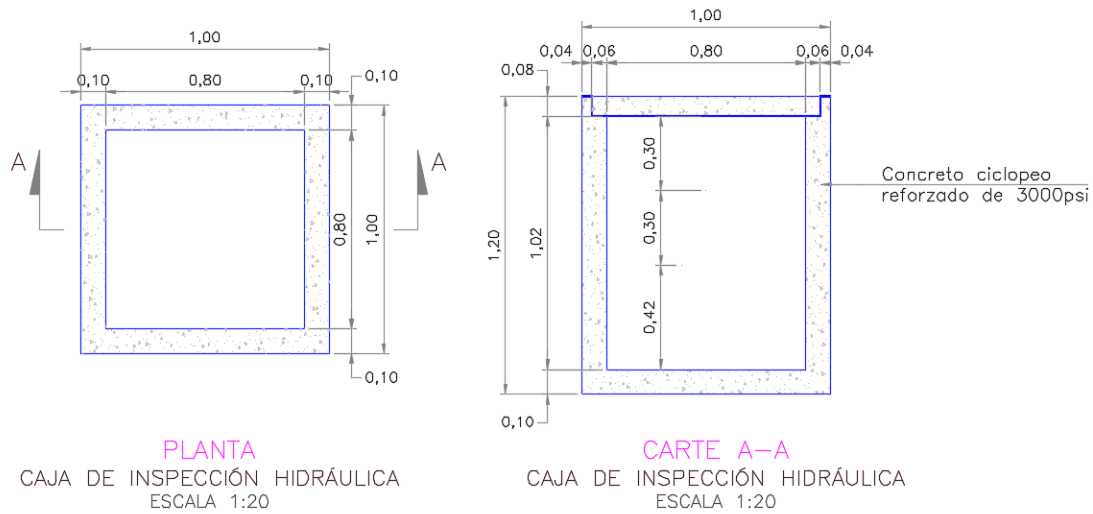


Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

EL diseño de la red de lixiviados primaria se traza en el fondo del vaso de disposición con una pendiente media del 3%, se construye con zanjas de tipo francés, de 1 m de ancho por 1 m de largo, con una tubería de 10.0 in (250 mm) con perforaciones en tres bolillos de ½ in. Y esta recorre en una sola línea de conducción desde la cota más alta del fondo del vaso, hasta la cota más baja donde habrá una caja de control hidráulico, y drena finalmente al alcantarillado perimetral el cual transporta el lixiviado al pondaje. Adicionalmente se diseñan zanjas secundarias, que se denominan espinas de pescado, y tiene la misma configuración de las primarias, pero su recorrido es más corto y se conectan con la red primaria, estas zanjas generalmente tienen una pendiente media de 1 - 2 % y están diseñadas en dirección perpendicular a la zanja primaria, también se construyen como filtro francés, con las mismas dimensiones 1m de largo por 1 m de ancho sin tubería, los dos tipos de zanja se rellenan con piedra filtro (Bola de río), y se recubren con un geotextil de NT2000. Finalmente, todo el fondo del vaso debe ser recubierto con una capa de rodadura de mínimo 30 cm de espesor, que protege el paquete de impermeabilización y facilita el tránsito de vehículos compactadores, volquetas, entre otros.

La caja de control hidráulico cumple una función específica que sería el manejo de pendientes, y control de dirección, dicha caja no necesitara prolongarse hasta la cota final de lleno, ya que sería incurrir en costos innecesarios.

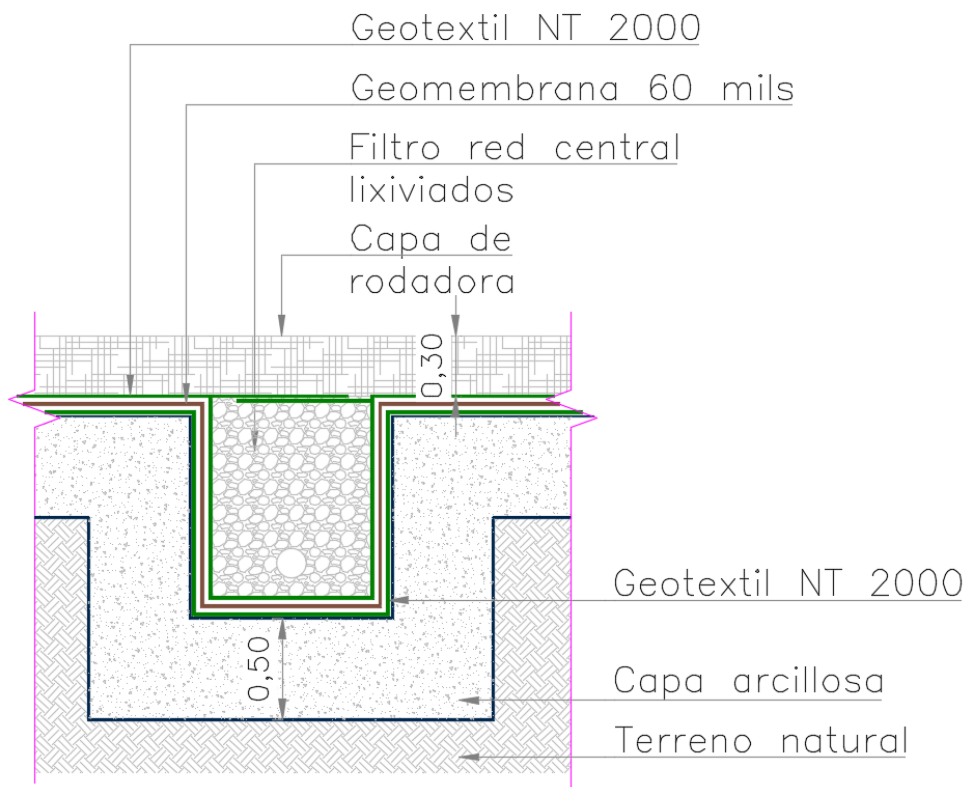
Figura 2.8 Diseño caja de inspección



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

El proceso de inspección y mantenimiento de la red de fondo deberá hacerse empleando las chimeneas que cumplen una doble función al estar conectadas con la red de lixiviados, deberá insertarse por la tubería de las chimeneas agua a presión que sirva para quitar la obstrucción y mejorar el drenaje hacia la laguna de lixiviados, evitando así la saturación de la masa de residuos, por ende se elimina el peligro de la aparición de superficies de falla y deslizamientos. Este proceso deberá hacerse con una periodicidad de 2 veces a la semana o cuando el caudal que llega a la laguna disminuya considerablemente.

Figura 2.9 Diseño zanja de drenaje de lixiviados



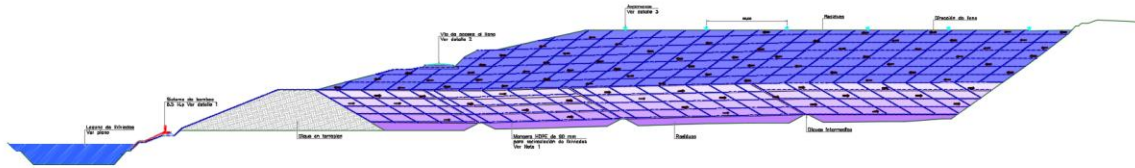
Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

2.6.2 Tratamiento de lixiviados

El proceso de tratamiento de lixiviados en el botadero a cielo abierto Marmolejo considera la implementación de un sistema de recirculación el cual consiste en la reinserción del lixiviado en la masa de residuos, dicho proceso puede ofrecer beneficios como:

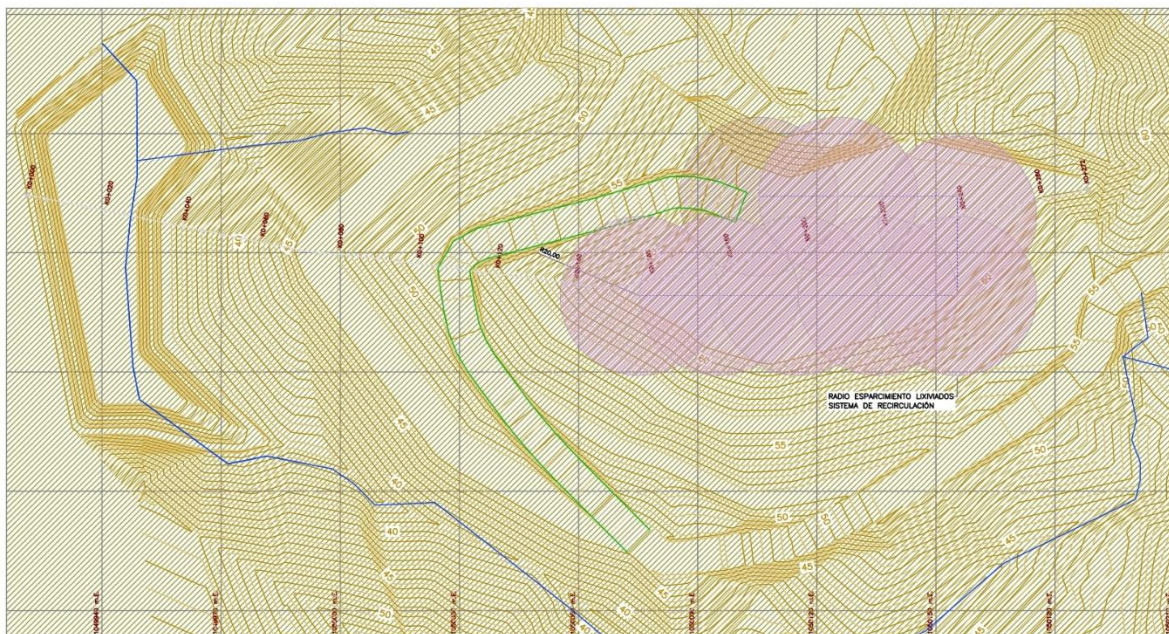
- Bajos costos de tratamiento
- Incrementa las tasas de descomposición de residuos orgánicos, y aumenta la capacidad (Vida útil) del vaso de disposición.
- La masa de residuos actúa como un reactor biológico reduciendo DBO y DQO.
- Amortigua picos y valles en la carga orgánica de los lixiviados lo cual afecta la calidad del lixiviado.
- Facilita el almacenamiento de lixiviados durante periodos prolongados de precipitación, utilizando la capacidad de absorción de los residuos,
- Optimiza la generación de biogás.
- La tubería de recirculación es de bajo costo.

Figura 2.10 Sistema de recirculación lixiviados



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

Figura 2.11 Implementación sistema de recirculación



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

2.7 RECOLECCIÓN, CONCENTRACIÓN Y VENDEO DE GASES

El drenaje de Biogás cumple una función muy importante en el proceso operativo de un relleno sanitario, el biogás es un potencial contaminante y destructor de la capa de ozono por su alto contenido de casi un 75% de Metano el cual es un gas 40 veces más dañino que el dióxido de carbono, adicionalmente un alto volumen de biogás presente en la masa de residuos, genera aumento considerable en la presión de poros lo que conlleva a una alta probabilidad de deslizamiento de los taludes.

2.7.1 Red de biogás zonas a clausurar

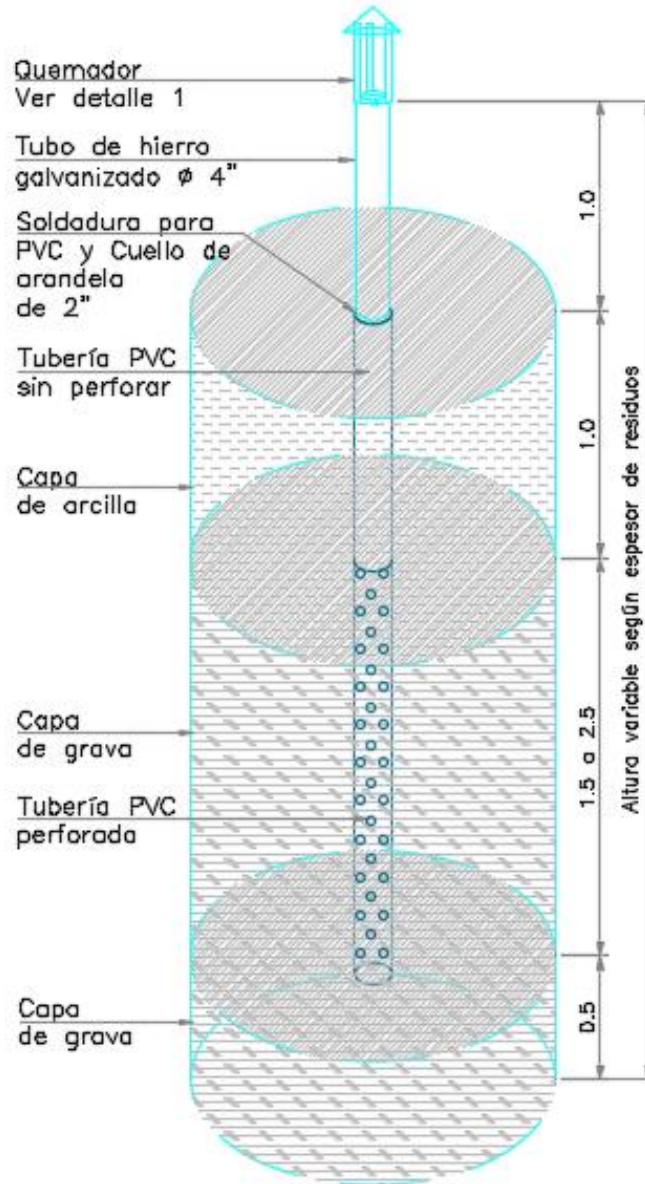
El proceso constructivo del sistema de desgasificación de los residuos viejos presentes en el botadero comprende la excavación de pozos verticales empleando un método de perforación de punta perdida. Los hoyos tienen 8" de diámetro, con profundidades que varían desde los 2 hasta los 3 metros, esta profundidad depende del espesor de la masa de residuos ya estabilizada. Luego de tener los hoyos perforados se realiza el llenado con una capa de grava de 50 centímetros o rajón triturado, que servirá como cama de apoyo para la tubería, posteriormente se instala una tubería PVC de 4" (Alta resistencia a corrosión) perforada en tres bolillos y el espacio restante entre la tubería y las paredes de la perforación se rellenan con la misma grava o rajón triturado del fondo hasta una distancia que puede variar desde 1.5 m hasta 2.5 m, esto dependiendo de la profundidad del hoyo de la mano con el espesor de los residuos. Finalmente se coloca una capa de material arcilloso con un espesor de 1.0 m como mínimo esto con el fin de garantizar que no habrá un escape de biogás. Como medida de contingencia del biogás se plantea la instalación de un quemador. El cual se instala en la parte superior empleando un acople para una instalación de una tubería metálica de 1.0 m de altura. Se observa en perfil el proceso constructivo descrito anteriormente.

El diseño del quemador viene definido con una tubería de hierro galvanizado de 3", esto con el fin de garantizar que la estructura resiste altas temperaturas, es necesario la instalación de un acople que permite adicionar a la tubería PVC 1.0 m lineal de tubería de hierro galvanizado.

NOTA:

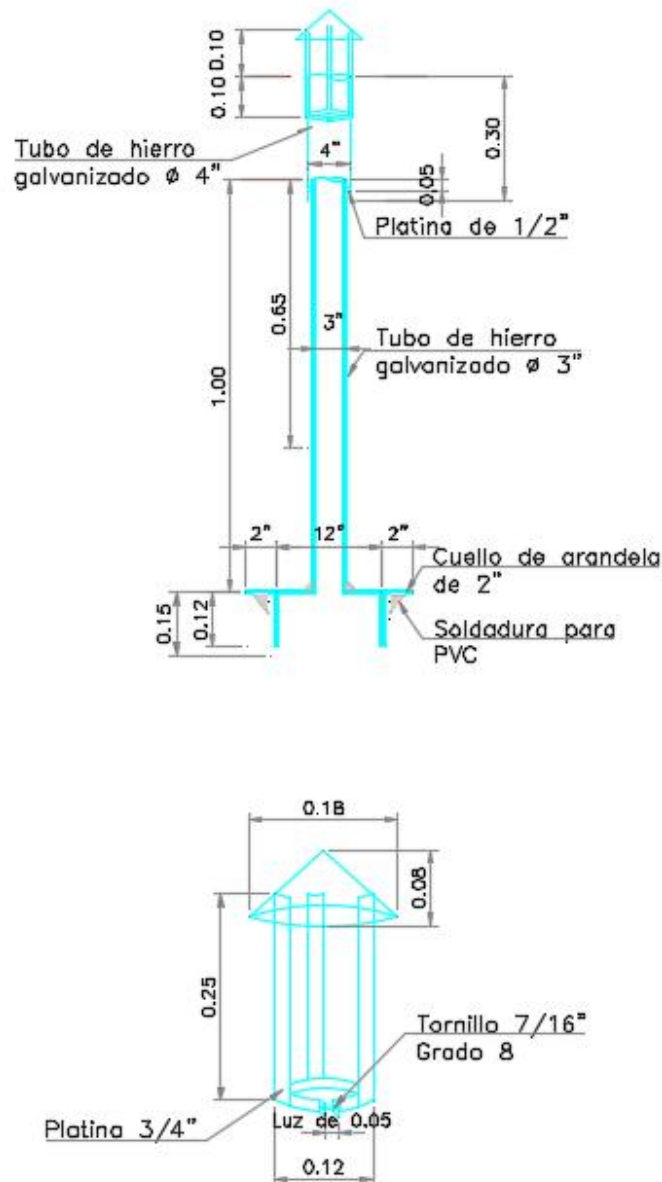
El RAS actualizado 2012 recomienda que se empleen chimeneas espaciadas entre 50 a 65 m cuando la cobertura sea con (arcilla, suelo, geomembrana), y tubería de 0,10 m (4") o (0,16 m) (6"), colocada en una perforación, de hasta tres veces más grandes que la tubería, el tercio a la mitad inferior se rellena con grava y el resto con tubería o con arcilla, se recomienda las chimeneas lleguen hasta el fondo del relleno sanitario.

Figura 2.12 Detalle constructivo chimenea de desgasificación



Fuente: consorcio soluciones Hidrosuelos 2015

Figura 2.13 Detalle constructivo quemador de biogás

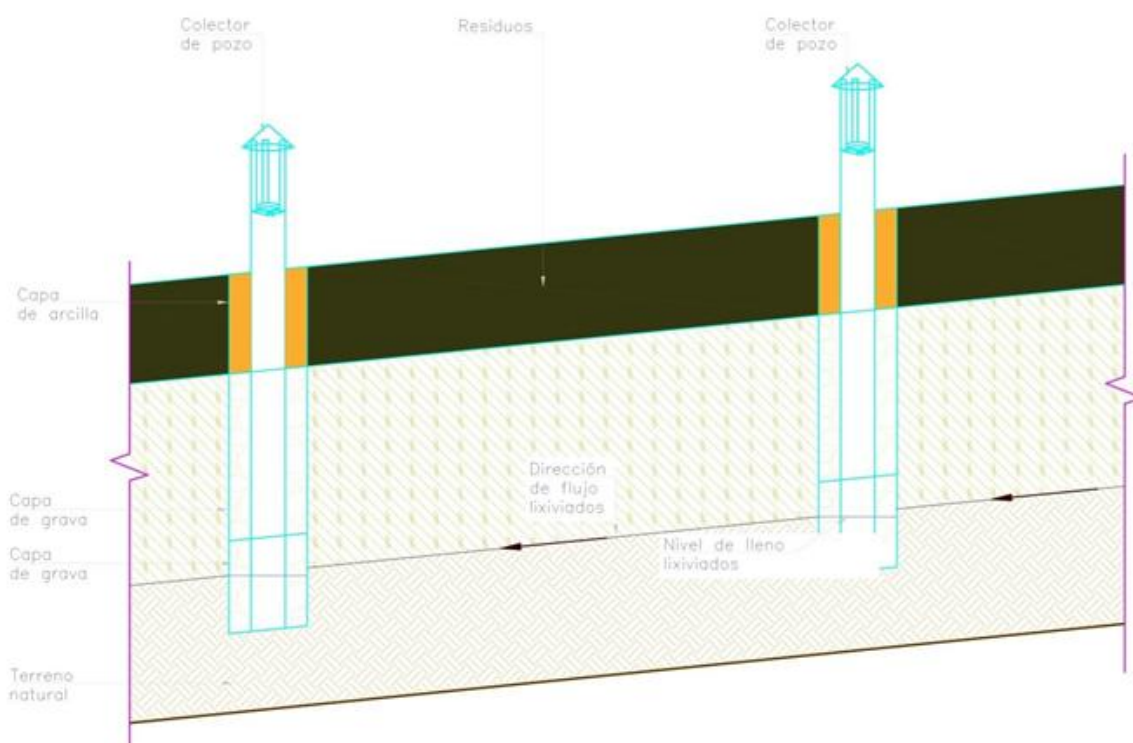


Fuente: consorcio soluciones Hidrosuelos 2015

El proceso constructivo de las chimeneas demanda perforaciones sobre residuos y en algunos casos sobre terreno natural, desde la (CH - 26 hasta la CH – 33) se requiere perforaciones 1 m por debajo del terreno natural que funcionara como una zanja de captación y almacenamiento de lixiviados temporal, el cual será drenado periódicamente por medio de bombeo. Debe facilitarse durante la construcción de las chimeneas una tubería de un tamaño mínimo de 3" que permita

introducir la manguera de aducción necesaria para el bombeo. Esta medida se contempla como alternativa para el manejo adecuado que debe darse a los lixiviados generados por la descomposición de la fracción orgánica presente en los residuos sólidos lo cual equivale aproximadamente a menos del 5 % del volumen total generado en la actualidad, ya que al disponer las capas de cobertura final se acaba la generación de lixiviado producto de la percolación de agua lluvia.

Figura 2.14 Configuración chimeneas de extracción



Fuente: consorcio soluciones hidrosuelos 2015

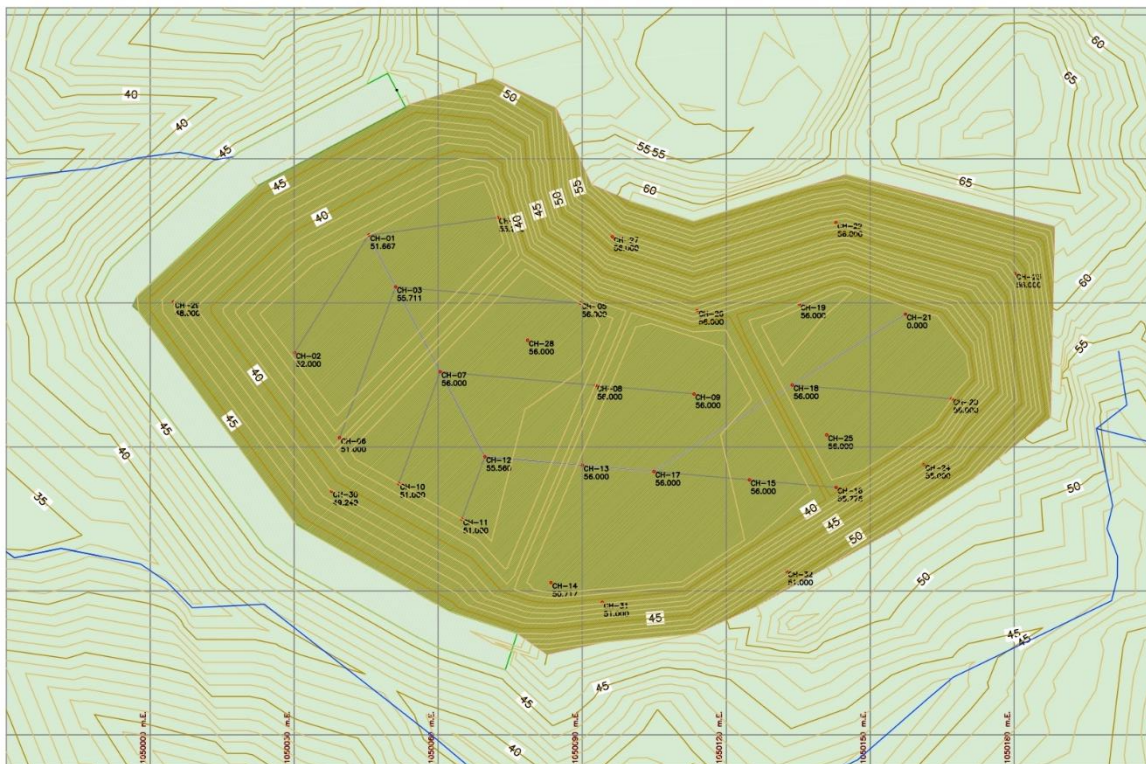
- **MATERIAL FILTRANTE:** El ras actualizado 2012 recomienda sea grava o rajón triturado,
- **BOMBA:** En el desarrollo del proyecto se presenta el diseño y especificación de una bomba para el proceso de recirculación, la misma bomba puede ser empleada para el proceso de extracción y conducción de lixiviados desde las zonas a clausurar hasta el pondaje.

- Los lixiviados luego de ser extraídos de la masa de residuos ya clausurada deberán llevarse al pondaje que se planea construir para el nuevo vaso de disposición, allí recibirá el mismo tratamiento o manejo que el lixiviado más joven proveniente de los nuevos frentes de trabajo de la celda de contingencia.
- El bombeo deberá realizarse semanalmente de 3 a 4 veces o según las lecturas de los piezómetros cuando la presión de poros aumente considerablemente
- El quemador debe funcionar mínimo 8 horas por día. Se recomienda se haga en las horas comprendidas desde las 9.00 am hasta las 5:00 son las horas en las que la temperatura es más alta y la generación de biogás aumenta.
- El mantenimiento del sistema de extracción debe estar considerado dentro los procesos generales de inspección del vaso de disposición donde se identifican que todos los equipos y maquinaria estén llevado a cabo su función y de ser necesario remplazar los defectuosos, en el caso de las chimeneas debe inspeccionarse las tuberías de extracción y El quemador que este en perfectas condiciones de no ser así, se recomienda cambiar el Quemador.

NOTA

Es necesario aclarar que todas las especificaciones técnicas inmersas en el documento producto del trabajo de la consultoría se basa en el RAS actualizado 2012, son recomendaciones constructivas y de operación, pero no son de obligatorio cumplimiento para el operador. Ya que dicho persona prestador del servicio de la actividad complementaria de disposición final gracias a su amplia experiencia cuenta con métodos igualmente efectivos que pueden lograr los mismos o mejores resultados.

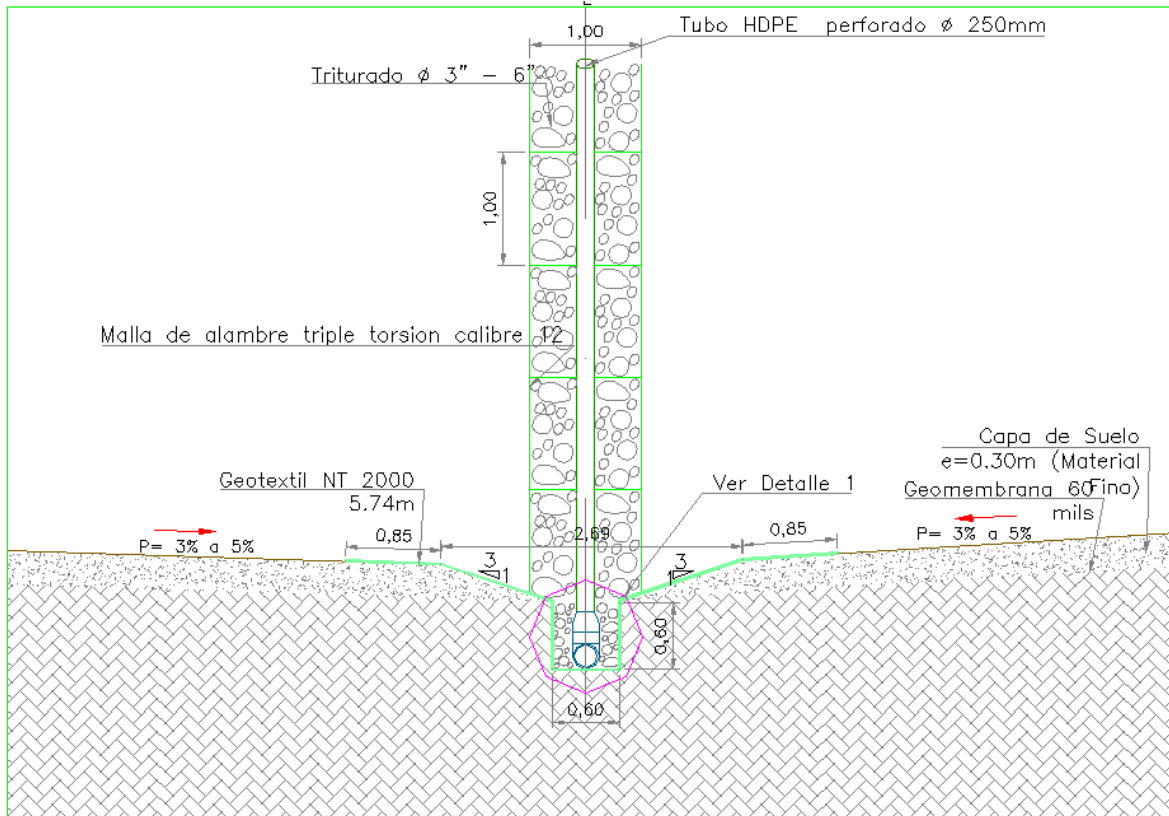
figura 2.15 Ubicación general de las chimeneas en el nuevo vaso



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

Las chimeneas cumplen una doble función, facilitan el flujo del biogás desde los niveles más bajos del relleno sanitario, y permiten el drenaje de lixiviado desde los niveles más altos hasta el fondo del vaso, las chimeneas deben prolongarse hasta la cota final de diseño, este proceso se hace durante toda la vida útil del vaso, en la parte superior de las chimeneas, se instala un quemador. No se recomienda hacer solo extracción de biogás, es necesario hacerle un proceso antes de liberarlo a la atmosfera, con el fin de reducir su potencial contaminante.

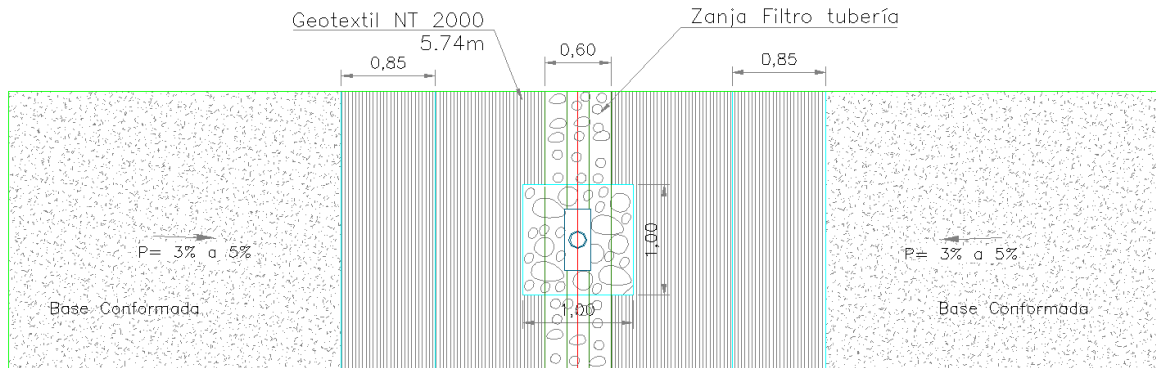
Figura 2.16 Esquema general de las chimeneas de extracción de biogás



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

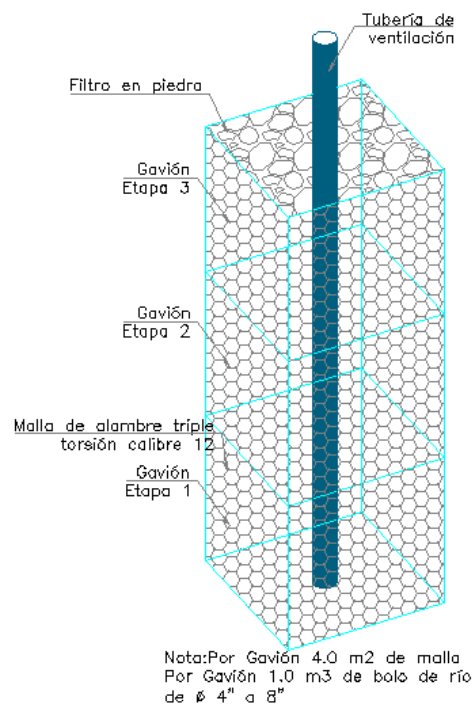
El diseño proyecta la construcción de chimeneas o gaviones verticales con dimensiones de 1m ancho * 1m largo * 1m de altura la cual se prolonga a medida que la cota del relleno se eleve construidos con malla eslabonada de triple torsión de calibre 12, una tubería de 4 in perforada y piedra de río.

Figura 2.17 Detalle constructivo chimeneas sobre red de drenaje de lixiviados



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

Figura 2.18 Detalle constructivo gaviones verticales



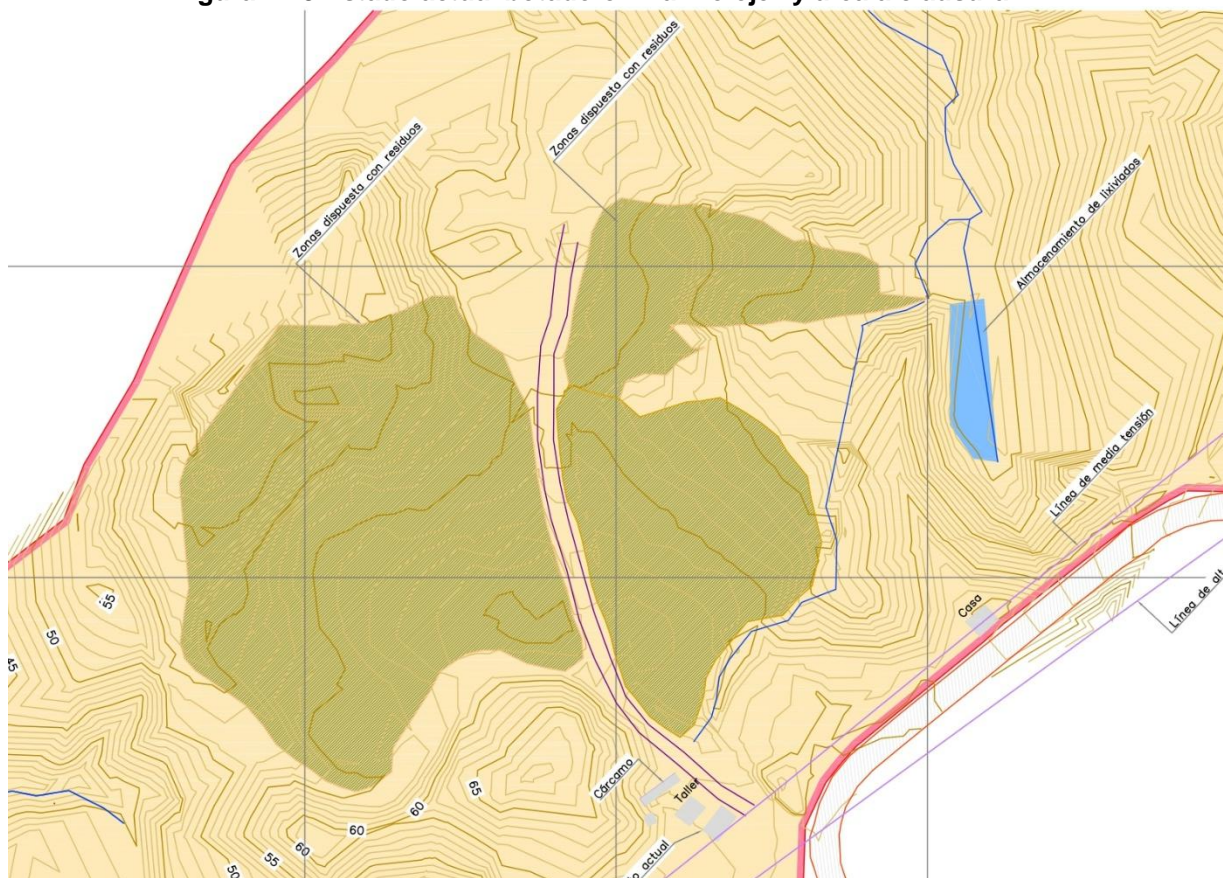
Nota: Por Gavión 4,0 m² de malla
Por Gavión 1,0 m³ de bolo de río
de Ø 4" a 8"

Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

2.8 ACCIONES DE MANEJO Y CONTROL PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES.

Para realizar el proceso de cierre técnico y clausura del botadero a cielo abierto "Marmolejo" se deberá iniciar por un proceso de reacomodación de los residuos, este proceso considera la conformación de taludes 3H:1V sobre los residuos ya dispuestos, disponiendo la capa de cobertura final y dándole un mejor grado de estabilidad a la masa de residuos.

Figura-2.19 Estado actual botadero "Marmolejo" y área a clausurar



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

2.8.1 Cobertura final

Para el cierre y clausura del botadero “Marmolejo” se da cumplimiento a lo establecido en la RAS (actualizado 2012) título F dentro de las recomendaciones para el cierre técnico y clausura de sitios de disposición final y uso final del sitio, este proceso debe cumplir a cabalidad con las siguientes especificaciones dependiendo el nivel de complejidad.

Tabla 2.8 Asignación del nivel de complejidad

NIVEL DE COMPLEJIDAD	POBLACION EN LA ZONA URBANA (HABITANTES)	CAPACIDAD ECONOMICA DE LOS USARIOS
BAJO	<2.500	BAJA
MEDIO	2.501-12.500	BAJA
MEDIO-ALTO	12.501-60.000	MEDIA
ALTO	>60.000	ALTA

Fuente: RAS 2012 TITULO A

Para este proyecto se utiliza un nivel de complejidad alto, teniendo en cuenta que la población en la actualidad y la considerada en las proyecciones es > a 60.000 habitantes, con base en esto se realiza el diseño del perfil de cobertura final del vaso de disposición considerado durante la etapa de clausura y la etapa de postclausura

Tabla 2.1 Perfil de cobertura final

NIVEL DE COMPLEJIDAD	NUMERO DE CAPAS MININAS PERFIL DE COBERTURA FINAL
BAJO	1 CONTROL DE INFILTRACIÓN
MEDIO	1 CONTROL DE INFILTRACIÓN
MEDIO-ALTO	1 CONTROL DE INFILTRACIÓN 2 CONTROL DE EROSIÓN
ALTO	1 CONTROL DE EROSIÓN 2 CAPA DE DRENAJE 3 CONTROL DE INFILTRACIÓN 4 SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE GASES

Fuente: RAS 2012 TITULO F

El proceso de cierre técnico y clausura del botadero a cielo abierto y del nuevo vaso de disposición a término de su vida útil considera la implementación de una cubierta más elaborada, que las que se realizan al final de cada jornada diaria de trabajo, para este proceso es necesario disponer sobre los residuos capas con espesores que varían desde los 0.40 m – 0.60 m, en dos etapas cada una con la mitad del espesor final. Este proceso debe realizarse en un intervalo de un mes

aproximadamente para tratar de cubrir los desniveles que se produzcan durante la adecuación de la primera capa, el material más apropiado debe ser arcillosos o limo arcilloso, con el fin de asegurar un mayor grado de impermeabilidad y evitar la percolación de agua lluvia, dicho material será obtenido de las excavaciones que se consideran durante la adecuación del vaso de disposición.

2.8.1.1 Perfil de la cobertura:

El perfil mínimo de cubierta requerido debe constar de una capa de control de infiltración para los niveles medio y bajo de complejidad. El nivel medio alto, debe conformar la cobertura con las capas de control de infiltración y de erosión. Para el nivel alto de complejidad, el perfil de cobertura debe contener la capa de control de infiltración, la capa de control de erosión, sistema de recolección de gas y una capa de drenaje.

- ✓ Capa de control de erosión. El espesor mínimo requerido de la capa de erosión es de 0.15 m. El espesor de esta capa debe ser evaluado usando un análisis de balance hídrico y debe proporcionar la humedad disponible para las plantas durante periodos prolongados de sequía. Las pendientes requeridas serán menores que 4:1 (H:V). La erosión hídrica puede ser controlada también por endurecimiento de la superficie de la cubierta mediante riprap.

La capa de control de erosión debe ser el primer manto en la parte superior del perfil de cobertura final, esta capa recibe el aporte de agua lluvia producto de las precipitaciones medias de la zona, retiene una cantidad variable de agua y el exceso lo descarga a las cunetas de manejo de aguas lluvias y finalmente descola en el cuerpo de agua más cercano, en este proceso es necesario garantizar la humedad necesaria para la supervivencia de la especie con la que se pretende emprarizar o revegetalizar el área expuesta del vaso de disposición durante el proceso de cierre técnico y clausura. Todas las variables que puedan intervenir en garantizar la humedad necesaria para las plantas deben equilibrarse a lo largo del tiempo contemplado de clausura y postclausura, para esto se realiza un balance hídrico.

- ✓ Necesidades de agua para el pasto Kikuyo

El proceso de emprarización de los taludes garantiza la estabilidad y evita la erosión de las estructuras susceptibles a erosión, el pasto Kikuyo requiere del agua retenida en la capa de control de erosión para sus diferentes procesos fisiológicos y biológicos, esta necesidad crece durante las

diferentes etapas del ciclo de vida, es necesario la obtención de un factor de crecimiento de la planta desde el punto de vista de planificar adecuadamente y la obtención de resultados positivos.

Se recomienda la adecuación de una capa para control de erosión con un espesor mínimo de 30 cm dicha capa debe estar compuesta con suelo fértil un 50 % que facilita la germinación y el crecimiento del pasto Kikuyo, esta capa retiene gran parte de la humedad producto de las altas precipitaciones que se presentan en el área de estudio. Es importante hacer un seguimiento a los valores medios de precipitación mensual durante toda la etapa de post-clausura, y en el caso de presentarse valores de precipitación media mensual por debajo de 180 mm es necesario considerar un sistema de riego como alternativa para garantizar la humedad que requieren dichas plantas.

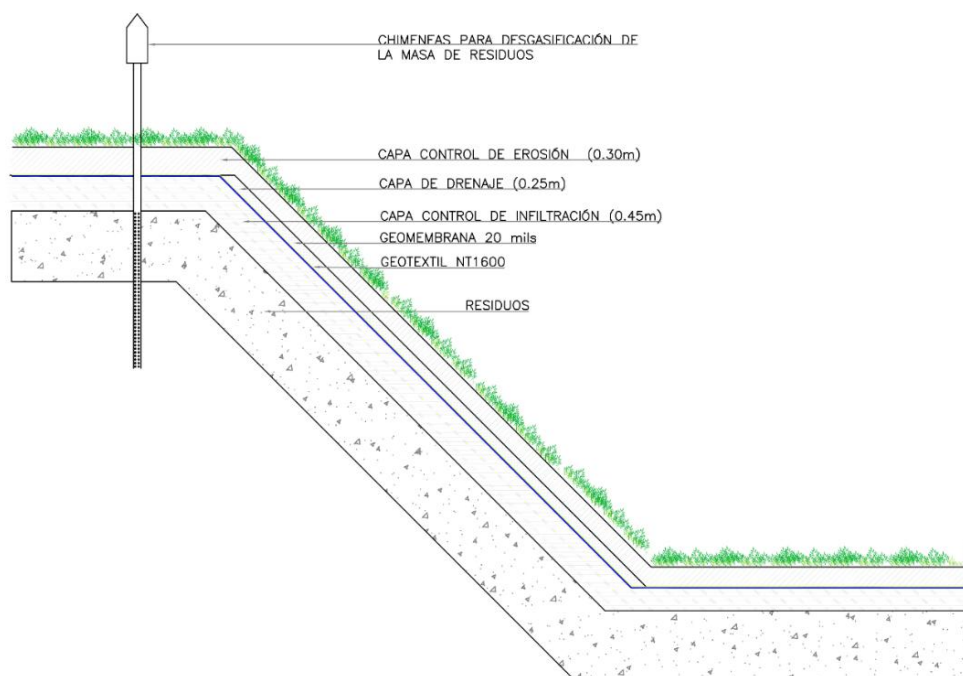
- ✓ Capa de drenaje. Debe localizarse en algunas partes del sistema de cubierta con pendientes mayores que la relación 5:1 (H:V). Esta capa debe retener la humedad que se infiltra de la capa de control de erosión y que se acumula sobre la capa de infiltración, evitando el deslizamiento de la capa de control de erosión por presiones excesivas de poros. El material de esta capa debe ser un agregado limpio de tamaño uniforme y debe cumplir con los siguientes requisitos: $D_{85} < 4D_{15}$ y $D_2 < 0.25$ cm. Esta capa debe diseñarse y construirse de manera que la descarga del flujo vaya en dirección lateral, para minimizar la cabeza hidrostática en la capa permeable y establecer un recorrido de los líquidos infiltrados para salir del sistema de cubierta. Los tubos de drenaje necesarios para controlar la cabeza hidrostática deben localizarse dentro de la capa de drenaje e instalarse a una distancia que asegure que la cabeza hidrostática sobre la capa impermeable no exceda el espesor de la capa de drenaje durante una tormenta de 24 horas en 25 años. Una grava gruesa debe rodear el tubo de drenaje para minimizar el movimiento de partículas de suelo dentro de la tubería.

El material que se adquiera para tal fin debe cumplir con los siguientes requisitos: $D_{85} < 4D_{15}$ y $D_2 < 0.25$ cm, Dentro de la curva granulométrica del material que se vaya a utilizar en la capa drenante se debe garantizar que el Diámetro del 85% del material que pase sea menor que 4 veces el diámetro del material que pase el 15%, además debe cumplir con que el diámetro del 15% del material que pase sea menor de 0.25 cm, esto garantizará que la capa drenante cumpla con su función de acuerdo a lo establecido en el RAS-2012, Título F.

- ✓ Capa o barrera de control de infiltración. Si la impermeabilización del relleno sanitario está constituida por el suelo natural (in situ), la capa de control de infiltración debe consistir de

un estrato de suelo compactado de un espesor mínimo de 0.45 m y una permeabilidad máxima de 1×10^{-5} cm/s. Si en el diseño de la impermeabilización del relleno sanitario se utiliza un sistema de estrato compuesto, debe instalarse una geomembrana sobre el estrato de suelo compactado. Se puede aprobar la utilización de un sistema alternativo con infiltración equivalente o menor que el sistema descrito. El material de la geomembrana usado para la cobertura final debe ser de larga duración y debe tolerar deformaciones inducidas por la subsidencia. rodear al tubo de drenaje para minimizar el movimiento de partículas de suelo dentro de la tubería.

Figura 2.20 Perfil de cobertura final



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

- ✓ Sistema de recolección de gas. En el sistema de venteo de gas pueden utilizarse pozos verticales de gravas, colchones recolectores, drenes de grava en trinchera para recolectar los gases del relleno. Los gases deben ser dirigidos a la cubierta a través de tubos de venteo. Esta capa debe localizarse directamente bajo el estrato impermeable y sobre el residuo compactado.

Estabilidad de la pendiente de la cubierta. La pendiente de la cubierta del relleno debe ser estable para mantener la infiltración y la escorrentía de una tormenta de 24 horas en 25 años. Para pendientes mayores de 5:1 (H:V), debe asegurarse que el estrato de drenaje constituya parte de la

cobertura final, también debe asegurarse que la fricción en la interface de los estratos adyacentes que forman la cubierta sea suficiente para prevenir la falla por deslizamiento. Deben realizarse pruebas de fricción en la interface para determinar una pendiente máxima aceptable para la cubierta del relleno, la cual corresponde a la mínima pendiente obtenida durante las pruebas. La pendiente final mínima de la cubierta después de que hayan ocurrido los asentamientos y la subsidencia debe ser de 3%.

Figura 2.21 Diseño cierre técnico y clausura botadero actual



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

Figura 2.22 Diseño cierre técnico y clausura nuevo vaso de disposición



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

✓ Efectos de subsidencia

La subsidencia local en el relleno sanitario puede producir depresiones en la cubierta, las cuales pueden ocasionar excesivas deformaciones de tensión en los estratos de la cubierta y conducir al almacenamiento de agua. Este impacto puede ser minimizado usando una geomembrana con características de alta resistencia a deformaciones biaxiales. Debe evitarse el almacenamiento de agua para que no cause la destrucción de la vegetación ni la expansión del agua en la cubierta.

2.8.1.2 Monitoreo de la cobertura final

Para garantizar la debida clausura de las celdas y obtener un suelo apto para las modificaciones paisajísticas, es recomendable que el operador con la cobertura vegetal obtenida del proceso de descapote de la celda de transición y la del nuevo vaso, realice la disposición de este material en un lugar distinto a la de los residuos, que le permita realizar un proceso de compostaje, generación de humus y material orgánico el cual podrá utilizar para las coberturas finales del frente de trabajo actual y el de la celda de transición.

Dicho esto, se hace pertinente que si el operador va a realizar la cobertura de la capa de humus se realice monitoreo continuo a los "cespedones" que protegen los taludes de las celdas terminadas.

Fotografía 1 imagen de cespedones en taludes como control paisajístico



Fuente <http://www.carboandes.com.co/>

Este monitoreo consiste en jornadas de riego, siembra y reposición de cespedones, que buscan la protección de los taludes y diques en las celdas clausuradas; para este caso en específico, el operador tiene la ayuda del medio, el cual tiene lluvias constantes, evitándose riegos a la cobertura vegetal, sin embargo, en tiempos de verano el operador podrá realizarlo por medio de aspersores.

Concluidas todas las operaciones se puede realizar plantación de barreras arbóreas perimetrales a diferentes hitos del relleno sanitario, así como unidades paisajísticas longitudinales a las vías de acceso y unidades paisajísticas de jardines y empedradización que armonicen con el entorno del predio.

2.8.2 Adecuación de obras complementarias y paisaje

Para el correcto funcionamiento del botadero de Marmolejo, se hace necesaria la adecuación de obras complementarias durante la clausura; entre las que se encuentran las de monitoreo y control, donde la generación de lixiviados y de gases serán los temas más importantes para realizar seguimiento.

Al clausurar el botadero la adecuación de las casetas previamente construidas para operación, pueden utilizarse como lugar para guardar herramientas y equipos, instalaciones sanitarias y resguardo de trabajadores que realizan mantenimiento en caso de lluvia.

Es necesario que una vez se inicien las obras de clausura el operador de inicio a la implementación de un cerco forestal perimetral, el cual tiene como finalidad reducir el impacto visual ya que genera una barrera de aislamiento, este cercamiento también ayudara a la apariencia estética del botadero actual y adicional ayudara a que el actual botadero tenga seguridad y limites que puedan permitir así una estética más adecuada que la actual.

2.8.3 EQUIPOS E INSTALACIONES DE INSTRUMENTACIÓN

Figura 2.23 Coordenadas de ubicación de inclinómetros y pozos de monitoreo

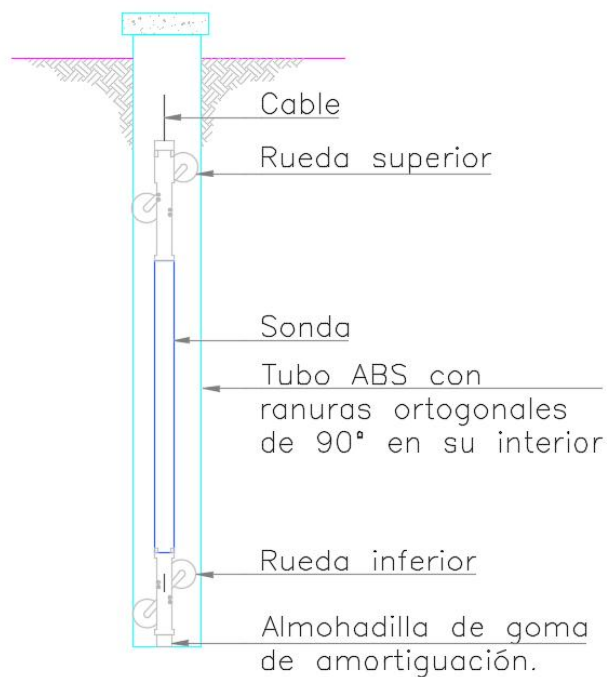
Puntos de Conformación				
Punto #	Elevación	Norte	Este	Código
5196	46.00	1122929.89	1050017.91	INCLINOMETRO 1
5197	46.00	1122869.39	1050008.98	INCLINOMETRO 2
5199	37.00	1122937.66	1049984.90	POZO DE MONITOREO 1
5200	37.00	1122847.20	1049987.28	POZO DE MONITOREO 2

Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

2.8.3.1 Inclinómetros

Se recomienda la instalación de dos inclinómetros ubicados sobre el dique del nuevo vaso de disposición, esta instrumentación de monitoreo, con el fin de realizar monitoreos periódicos sobre los desplazamientos que puede sufrir el por las presiones que ejerce la masa de residuos.

Figura 2.24 Detalle constructivo inclinómetros

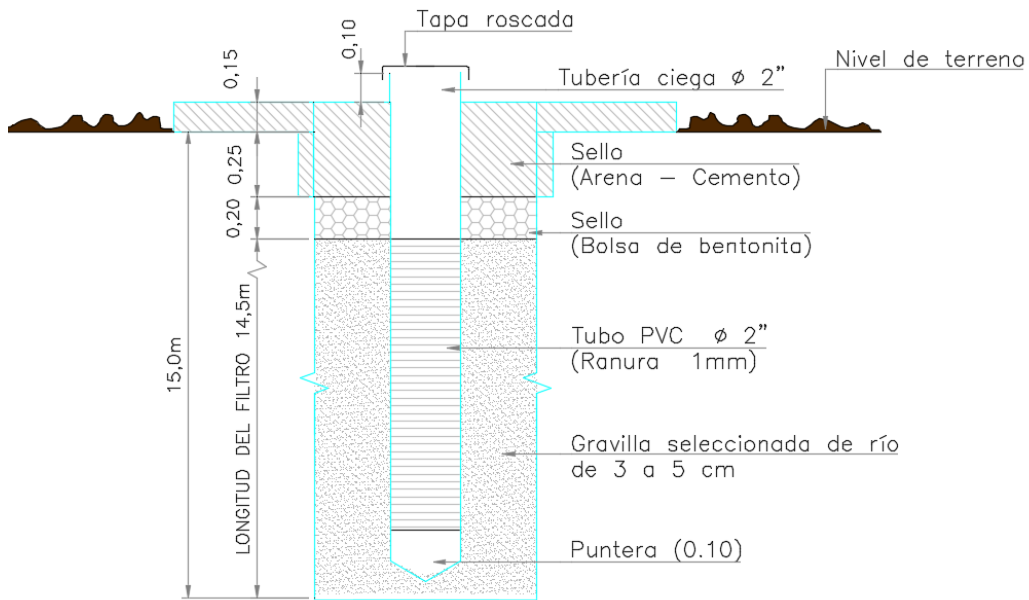


Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

2.8.3.2 Pozos de monitoreo

Adicionalmente se recomienda la instalación de dos pozos de monitoreo ubicados en cercanías del vaso con el fin de realizar monitoreos periódicos e identificar posibles irregularidades sobre los compuestos dañinos que puedan estar escapándose del vaso y contaminando las aguas subterráneas y superficiales.

Figura 2.25 Adecuación pozo de monitoreo



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

Figura 2.26 Ubicación instrumentación de monitoreo inclinómetros y pozos de monitoreo



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

2.8.3.3 Piezómetros

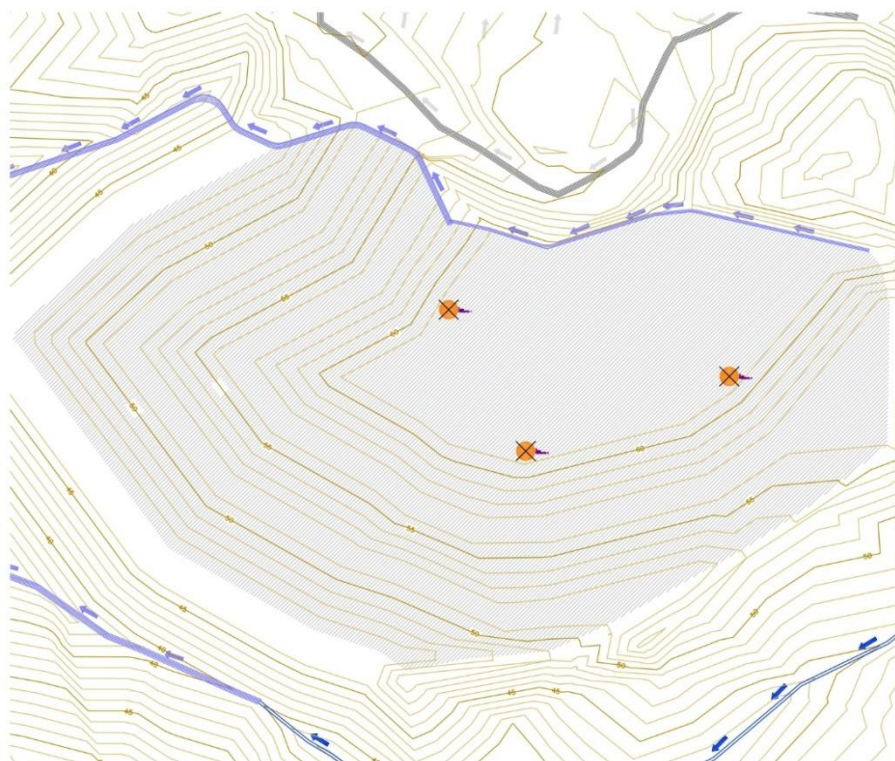
Y como tercera medida se plantea la instalación de 3 piezómetros de hilo vibrátil, que facilitan realizar un seguimiento a la humedad presente en la masa de residuos, y prevenir presiones excesivas que puedan afectar la estabilidad del vaso y de las estructuras de contención

Tabla 2.2 Ubicación piezómetros

ID	ESTE	NORTE
PIEZÓMETRO 1	1.050.091	1.121.905
PIEZÓMETRO 2	1.050.108	1.122.874
PIEZÓMETRO 3	1.050.153	1.122.891

Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

Figura 2.27 Ubicación piezómetros



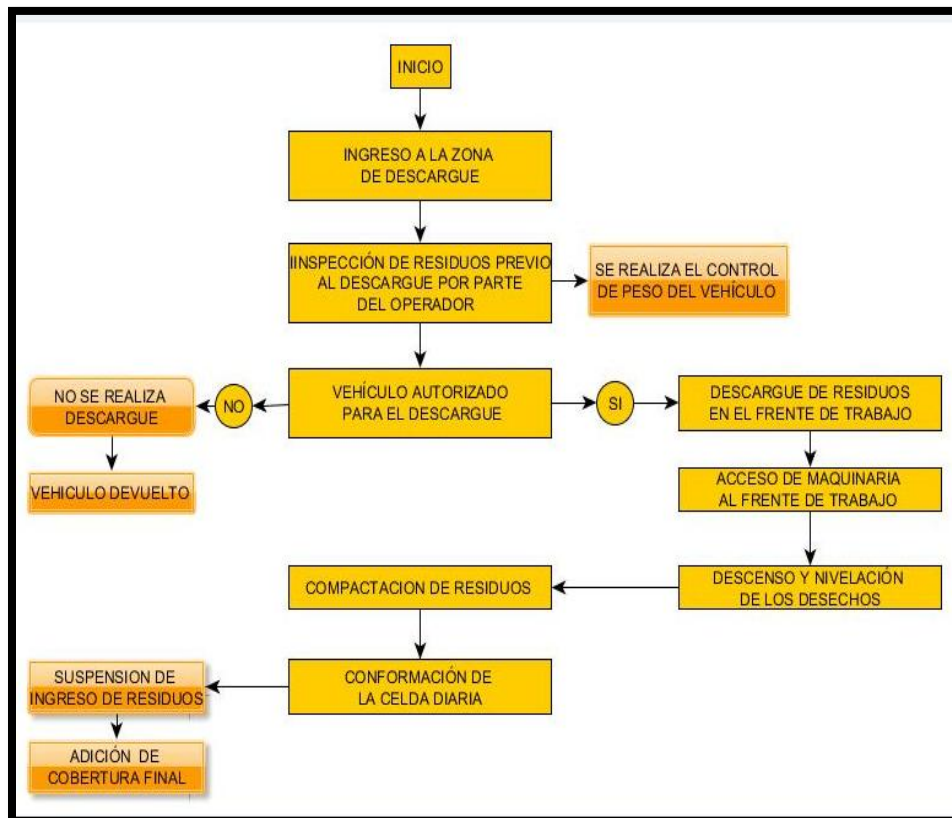
Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

2.8.4 PROCESOS OPERATIVOS DESDE LA ENTRADA DE LOS RESIDUOS AL RELLENO SANITARIO HASTA SU DISPOSICIÓN FINAL

2.8.4.1 Diagrama de operación del nuevo vaso

A continuación, se presenta el diagrama de flujo de la operación propuesta para el nuevo vaso del botadero de Marmolejo.

Figura 2.28 Diagrama de operación de la celda



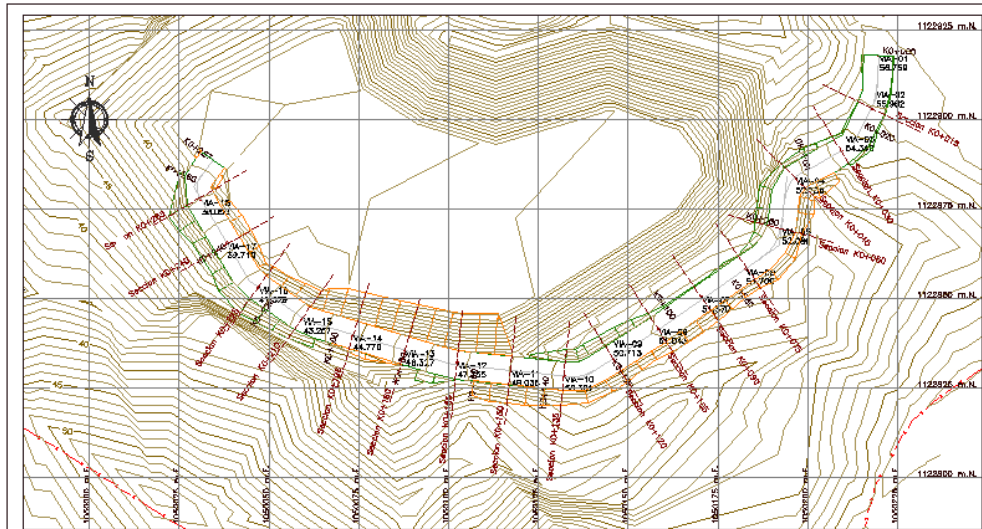
Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

2.8.4.2 Condiciones de acceso

2.8.4.3 Vías de acceso

Para el acceso al vaso de disposición se plantea la adecuación de una vía que tendrá una longitud total de 260,20 m, tendrá taludes de 1H: 1V, y una capa de rodadura con un espesor de 30 cm, pendientes promedio que no superan el 15 %, que es conveniente para el desplazamiento de camiones y maquinaria necesaria para las adecuaciones y operación del vaso.

Figura 2.29 Vía de acceso



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

En tiempo de lluvias fuertes se debe tener mayor precaución en el descenso y ascenso de los vehículos, tratando de evitar al máximo el desgaste de la vía y prevenir accidentes.

Se deberá tener constante supervisión de la vía de acceso para controlar su daño estructural por medio de mantenimiento preventivo o en casos severos la restauración y el arreglo de la sección dañada con capa de rodadura.

2.8.4.4 Frentes de trabajo

El nuevo vaso de disposición se encuentra diseñado con tres diques intermedios, estos diques facilitan la separación de la masa de residuos, del agua lluvia que cae dentro del vaso, con el fin de drenar ese volumen, llevarlo a un cuerpo de agua cercano y evitar que se contamine, esta es una medida transitoria, ya que no va a ser ejecutada durante toda la vida útil del vaso, y a medida que el vaso se va a llenando, el volumen de agua que se recupera disminuye.

A continuación, se describe el frente de trabajo que se propone para el llenado de la celda, el cual se basa en seis (6) fases:

2.8.4.5 Control de entrada

El sistema de entrada al sitio de disposición final deberá estar conformado con un mecanismo de control de ingreso necesario para planificar el tiempo de disposición, en este punto de control se debe realizar la inspección visual y el registro escrito de la inspección, es necesario que al sitio de disposición final se restrinja el acceso solo a personal autorizado.

En el sitio de control de acceso debe tener una báscula para el pesaje de los vehículos, esto con el fin de llevar un monitoreo y registro de volumen de los residuos que ingresan a diario al sitio de disposición. Este proceso debe realizarse a la entrada y a la salida del sitio de disposición final.

En la siguiente tabla se realiza una breve descripción de los requisitos de control que se deben tener en cuenta, la entidad responsable, la frecuencia con que se deben realizar y una acción de control al requisito.

Tabla 2.3 SUPERVISIÓN DEL CONTROL DE ENTRADA AL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL

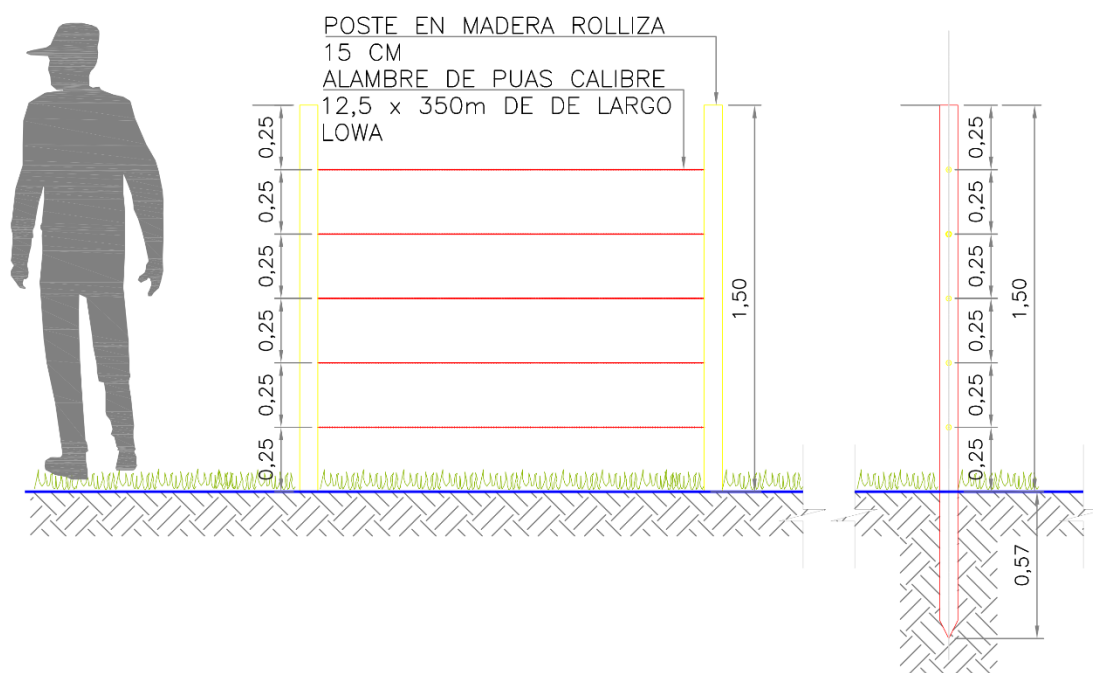
REQUISITOS	ENTIDAD RESPONSABLE			FRECUENCIA	FORMA DE CONTROL
	Codechocó	Municipio	Empresa		
Establecimiento de controles de entrada		x	x	Al inicio de operaciones	Inspección Visual por visita de campo, Restricción de entrada al relleno sólo para personal y vehículos autorizados.
Supervisión permanente a los controladores de entrada del sitio	x	x	x	Para la empresa operadora y el gobierno local debe ser permanente,	Visitas de campo al sitio
registro de datos de pesaje presentación y estadísticas de los mismos		x	x	Diaria	Formatos escritos o digitales
Control de los tipos de residuos	x	x	x	Para la empresa operadora y el gobierno local debe ser permanente,	Se debe realizar desde la recolección en la zona urbana, teniendo un seguimiento en el frente de trabajo del sitio de disposición final
Vigilancia de normas de seguridad industrial			x	Diaria	Se debe realizar inspección en el control de entrada

Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

El proceso de cerramiento perimetral del botadero es una adecuación de gran importancia ya que es necesario restringir el acceso de personas al frente de trabajo, este proceso garantiza que no se pone en peligro la operación de la maquinaria en el frente de trabajo.

- Este proceso se lleva a cabo utilizando postes de madera de 2.07 m de alto y 0,15 m de diámetro, el poste de hinca aproximadamente 57 cm dejando una altura aprovechable de 1.5 m.
- cada 15 cm de altura se coloca una línea de alambre de púas calibre 12.5 para un total de 5 líneas de alambre, el cual se distribuye por roysos de 350 m de largo.

Figura 2.30 Cercamiento perimetral



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

Adicional a esto se deberá implementar la instalación de la caseta de control de la báscula de pesaje, esto con el fin de llevar un registro de las características, cantidad y fuente de los residuos que ingresan al relleno sanitario para su disposición.

Una vez instalada la báscula el operario deberá registrar la información correspondiente a:

- ✓ Peso del vehículo al ingreso al relleno

-
- ✓ Peso del vehículo a la salida del relleno
 - ✓ Hora de Ingreso y egreso:
 - ✓ Origen: lugar donde vienen los residuos, para efectos de la operación es necesario codificar estos lugares para facilitar la labor de ingreso de datos y de hacer resúmenes de la información.
 - ✓ Placa del vehículo: identificación del vehículo.
 - ✓ Conductor: registro del operador del vehículo
 - ✓ Compañía: nombre de la compañía transportadora de residuos. (si se tienen varios operadores para esta acción)

De esta forma el operador tendrá un registro de peso para el análisis financiero respectivo.

2.8.4.6 Descarga de los desechos sólidos

Debido a la división que se generará con la construcción de los diques para control de agua lluvias en el fondo del vaso, la nivelación de los residuos deberá iniciarse desde la cota más baja del vaso

Este proceso ofrece una doble función: la primera es mitigar la generación de lixiviado temporalmente por el agua lluvia que puede entrar en contacto con los residuos ya dispuestos, el agua almacenada en las secciones que no se disponen residuos deberá ser bombeada a los cauces naturales o los drenajes de agua lluvia del mismo vaso.

El supervisor del relleno y el auxiliar de descargue deberán revisar permanentemente la afluencia del tráfico de entrada y salida, esto con la finalidad de efectuar las correcciones que sean necesarias.

Se le recomienda al operador que:

- ✓ Si los camiones recolectores están descargando simultáneamente en la celda, deben quedar separados por una distancia libre mínima de 1.5 m. entre los camiones.
- ✓ El equipo de operación del relleno (buldócer, vibro compactadora), debe estar a una distancia prudente de la zona de descarga, no menor a 2.0 m.

Una vez el vehículo ingrese hasta el fondo de la celda de destino dentro del vaso, dará inicio a la descarga de los residuos desde la parte más baja de la zanja hacia la parte alta, esto para dar un inicio uniforme de llenado de la celda.

Cuando sea alcanzado el nivel de lleno del dique en terraplén se iniciara la formación del domo, el cual tendrá una altura máxima de 15 m por encima del dique, con bermas cada 5 m de 3 m para la

conformación del domo, se deberá cumplir las normas establecidas por el diseño en cuanto al manejo de taludes, donde se deben manejar taludes con una relación no mayor de 3:1 (H:V) y las terrazas deben tener una pendiente del 2% hacia los taludes interiores permitiendo el drenaje de lixiviado.

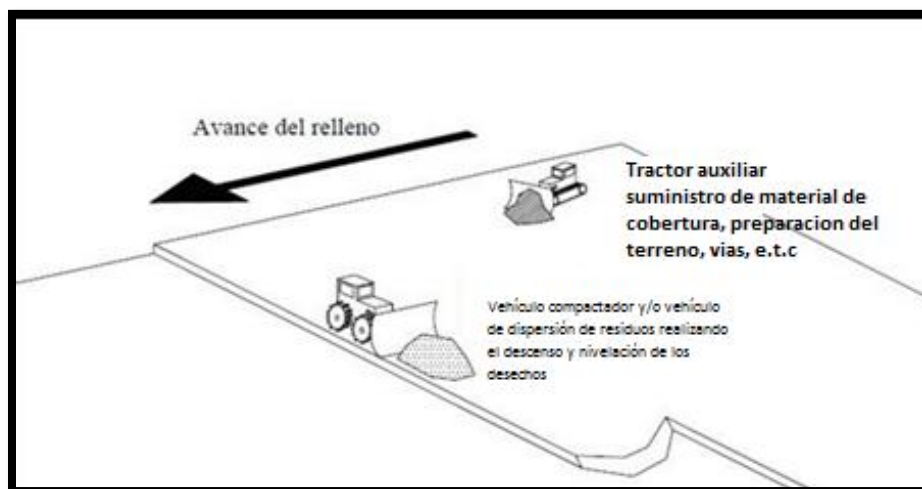
Se le recomienda al operador que para maximizar la eficiencia del relleno y tratar de mitigar los costos de operación deberá minimizar los tiempos del funcionamiento tales como:

- ✓ Componentes del ciclo total v Tiempo de viaje hasta el frente de trabajo.
- ✓ Tiempo de viaje hasta el frente de trabajo. Tiempo de descarga en el relleno sanitario.
- ✓ Tiempo de descarga en el relleno sanitario v Tiempo de regreso para reiniciar la recolección.

2.8.4.7 Descenso y nivelación de los desechos

Se debe realizar el descenso de los residuos hacia la parte baja de la celda, esto ayudara al drenaje de los lixiviados, una vez llevado a ese punto se realiza la nivelación de los residuos. Para esta función se deberá invertir en nueva maquinaria, la cual será especificada en el titulo maquinaria requerida.

Figura 2.31 Nivelación de residuos solidos



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

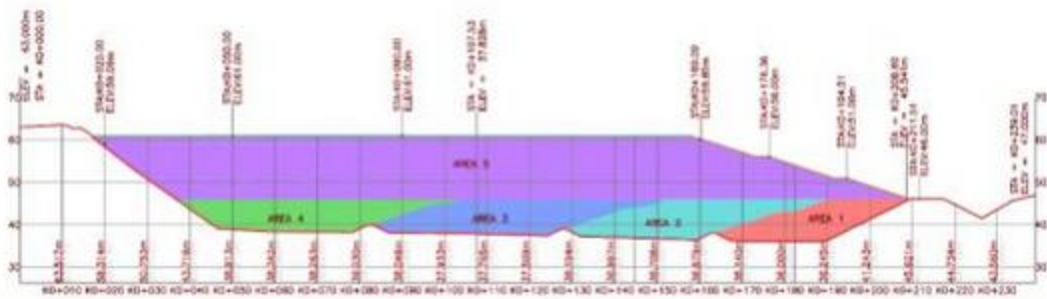
El esparcimiento y compactación se puede realizar en capas horizontales o inclinadas con una pendiente 1:3 (altura: avance), lo cual proporciona mayor grado de compactación, mejor drenaje superficial, menor consumo de tierra, mejor contención y estabilidad del relleno.

La operación del nuevo vaso con la separación de los diques en el fondo ayudará a aliviar la producción de lixiviados, ya que mientras los residuos son depositados en el área aledaña al dique, en el otro extremo se estará realizando el bombeo de agua lluvias hacia los drenajes naturales del sector.

La nivelación de los desechos y conformación de taludes una vez se alcance la altura del dique se realizará respetando las especificaciones de diseño

2.8.4.7.1 Llenado del vaso

Figura 2.32 Etapas de llenado



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

La secuencia de llenado se dividió en 5 áreas de acuerdo a la capacidad del nuevo vaso, estas etapas dan una vida útil de la celda de contingencia de 1825 días.

Para la primera etapa de llenado, se tendrá un volumen total de 13515,75 m³ correspondiente a un a una vida útil de esta etapa de aproximadamente 4 meses.

Para la segunda etapa se tendría un lleno total de 18535,89 m³ esta etapa tendría una vida útil de 6 meses.

La tercera etapa tendrá una vida útil aproximada de 6 meses, permitiendo un lleno total de 20874,64 m³.

La cuarta etapa será en la cual el vaso alcance la totalidad de la cota terreno e iniciará la conformación del domo, esta etapa tendrá una vida útil de 6 meses albergando un total de 19215,76 m³.

La quinta y última etapa permitirá un volumen total de disposición de residuos de 129207 m³ con una vida útil de 38 meses.

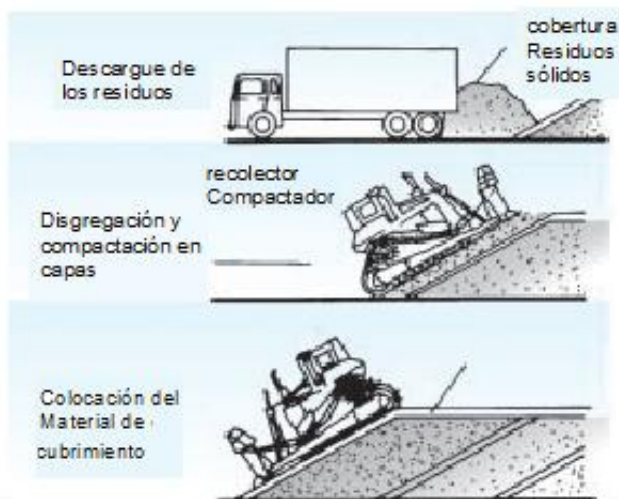
De esta forma el vaso cumpliría con los 5 años de disposición que necesita el operador.

2.8.4.8 Conformación de la celda diaria

Una vez los residuos son descargados en el frente de trabajo, deben ser esparcidos sobre el talud de la celda en capas sucesivas de 20 a 30 cm, luego se nivela la superficie superior y se compacta con la maquinaria (buldócer).

Según el RAS (ACTUALIZADO 2012) la altura de la celda diaria (incluidos residuos sólidos a disponer y cobertura diaria) no deberá ser mayor de 1,80 m y el talud debe tener una relación de 3:1 (H: V).

Figura 2.33 Manejo y cubrimiento de celdas



Fuente: Guía para Rellenos Sanitarios <http://www.cortolima.gov.co/>

2.8.4.9 Compactación

La compactación es el proceso por el que la basura depositada es "aplastada" por vehículos especiales. El grado de compactación deseado se logra combinando cuatro variables:

- ✓ Peso de la maquinaria
- ✓ Número de pasadas que realiza
- ✓ Pendiente

- ✓ Espesor de la capa de basuras.

La compactación aumenta la vida útil del relleno, al reducir los requerimientos de espacio; facilita el movimiento de vehículos; reduce el riesgo de asentamientos o movimientos de las basuras, previene la presencia de artrópodos y roedores, así como reduce el riesgo de fuegos al interior del relleno y los eventuales incendios superficiales aumentando la generación de biogás.

La compactación es una parte fundamental en la conformación de la celda diaria, ya que una vez esparcidos los residuos se deben evitar huecos entre las celdas diarias, se debe ahorrar espacio y aprovechar al máximo el área útil de la zanja.

Esta compactación se podrá realizar utilizando el peso del buldócer D6D como mínimo, Aprovechando el peso de la maquinaria, se debe realizar la conformación de los taludes para que tenga similitud con el proceso de diseño, esto con el fin de favorecer y garantizar los estudios previos de vida útil, manejo de aguas lluvias, entre otros, una vez conseguida la inclinación esperada la maquina debe pasar de 3 a 4 veces para garantizar un alto grado de compactación

Figura 2.34 Buldócer D6D



Fuente: <http://www.wme.cn/Bulldozer/>

El realizar una buena compactación de los residuos trae beneficios considerables para la operación de la celda, entre los cuales se tiene:

- ✓ Aumento de la vida útil del nuevo vaso
- ✓ Limita la presencia de roedores vectores y aves
- ✓ Reduce el volumen total necesario de cobertura diaria

2.8.4.10 Cobertura diaria

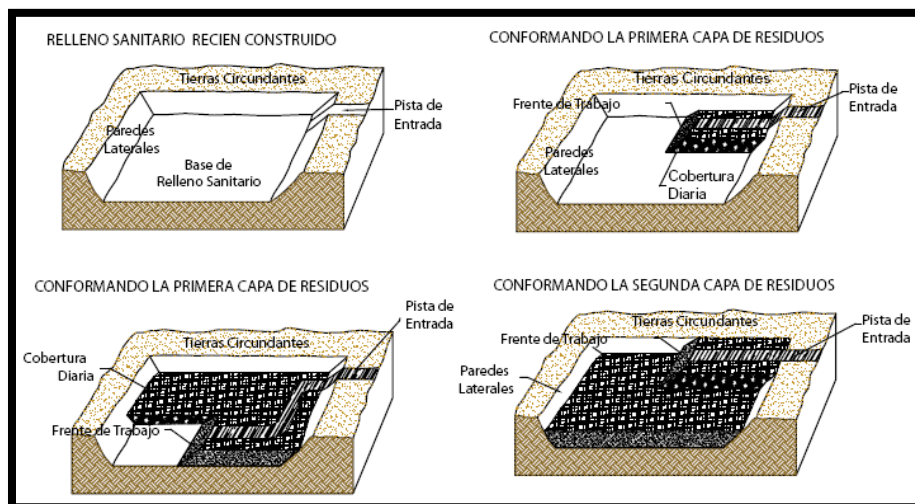
La cobertura diaria es una fase que debe ser llevada a cabo todos los días en el proceso de conformación de la celda diaria, se propone una relación de 5:1 lo que indica que por cada 10 m³ de residuos sólidos se debe incorporar a la celda 1 m³ de material de cobertura.

Esta cobertura será obtenida de la excavación del mismo vaso, obteniendo un total de 72872,2 m³, de los cuales serán utilizados 20081.1 m³ aproximadamente en la cobertura de la celda.

Las capas de cobertura pueden variar dependiendo del tipo de cobertura y de las condiciones geológicas, geotécnicas, climáticas y topográficas del sitio, se considera para este caso una cobertura de diez (10) cm de espesor.

Una vez colocado el material de cobertura sobre los residuos, este deberá ser debidamente compactado de manera de obtener un grado de compactación cercano al óptimo (1Ton/m³). Tal compactación se efectuará pasando al menos 3 veces la compactadora por cada punto de la cobertura.

Figura 2.35 Diagrama de conformación de las celdas diarias



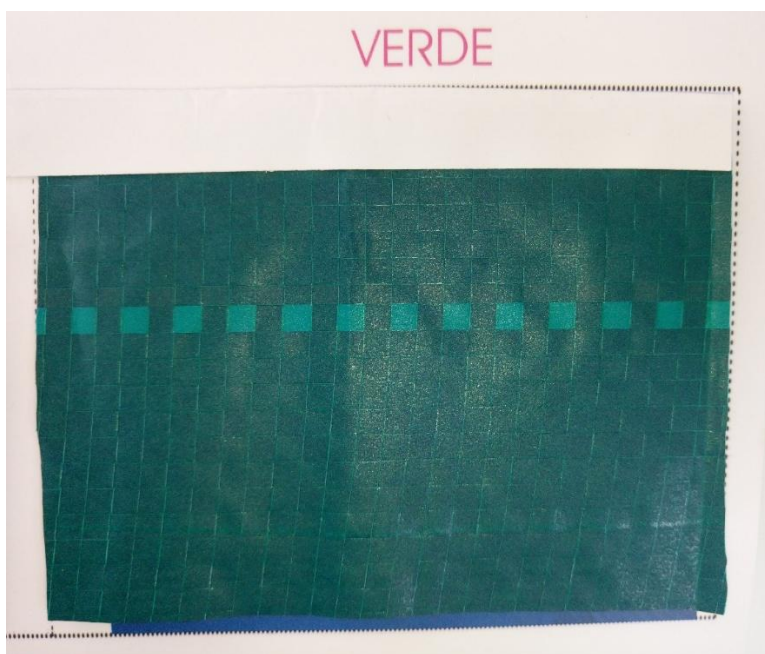
Fuente: Guía de construcción y operación de un relleno sanitario ministerio del ambiente- PERU 2012

Los principales objetivos de realizar esta función son:

- ✓ Controlar la humedad, y evitar percolaciones de aguas lluvias dentro de los residuos
- ✓ Evitar que los residuos sean arrastrados por corrientes de aire y llevados a sitios que no son destinados para tal fin.
- ✓ Manejo de olores desagradables.
- ✓ Evitar la proliferación de roedores, vectores y aves
- ✓ Un mejor acceso de los vehículos al frente de trabajo
- ✓ Prevención de incendios
- ✓ Disminuir en grandes proporciones el impacto visual producido por sitios de esta naturaleza.

Al final de cada jornada laboral se propone cubrir el área de los residuos con matos temporales de lana polimérica tejida, que viene laminada con una película de color verde en una de sus caras, dicho manto viene diseñado para cubrir residuos sólidos, y evita la proliferación de roedores y vectores y una generación adicional de lixiviados. Permite una fácil manipulación dentro del relleno sanitario gracias a su bajo peso.

Figura 2.36 Manto temporal Verde (Cobertura diaria)



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

2.8.4.11 Restricción e identificación de residuos

El nuevo vaso de disposición final acopiará residuos sólidos urbanos generados por poblaciones del área de influencia y residuos industriales asimilables a urbanos de carácter no peligroso. No serán objeto de disposición residuos de características peligrosas.

No se realizarán celdas de seguridad, esto para evitar la llegada de residuos que no cumplan el control de ingreso al sitio de disposición.

El control de entrada de residuos sólidos al sitio de disposición final se realizará desde la recolección urbana, donde el operario ya capacitado identificará las restricciones dadas por el decreto 838 de 2005:

- ✓ Prohibición del ingreso de residuos peligrosos, si no existen celdas de seguridad en los términos de la normatividad vigente.
- ✓ Prohibición del ingreso de residuos líquidos y lodos contaminados.
- ✓ Prohibición del ingreso de cenizas prendidas.
- ✓ Prohibición de la realización de reciclaje en los frentes de trabajo del relleno.

2.8.4.12 Residuos sólidos que requieren operación especial

Para los residuos sólidos que requieren operación especial se sugieren las siguientes operaciones.

2.8.4.12.1 Animales muertos

Los animales pequeños como perros y gatos pueden incorporarse generalmente en el proceso de conformación de la celda diría sin ningún tratamiento especial, sin embargo, para los animales de un volumen mayor a estos como vacas y caballos, se requieren una disposición especial.

Para la disposición final de estos animales se recomienda la incorporación de estos a la celda diaria, pero se deberá realizar en el fondo de esta, si la celda ya se ha iniciado y su proceso de llenado va muy avanzado, debe disponerse en el área de disposición siguiente, el animal debe cubrirse inmediatamente con un mínimo de 0.60 m de suelo, antes de la colocación y compactación de residuos sólidos sobre el animal.

Se debe limitar el contacto entre animales muertos y el personal operativo, debe eliminarse este tipo de interacción tan rápido como sea posible.

2.8.4.12.2 Llantas y colchones

Para este tipo de residuos se recomienda que antes de ser depositados en la celda diaria deben ser reducidos o cortados en trozos más pequeños que su volumen original, esto debido a que residuos como llantas o neumáticos tienden a migrar hacia la superficie, provocando muchos problemas para mantener en control de las celdas ya compactadas.

Una vez reducido el volumen original de las llantas o colchones deben colocarse en o cerca del fondo de la celda, pero a los residuos sólidos situados alrededor de estos, deben sobre compactarse, esto con el fin de impedir la recuperación de volumen de los residuos no voluminosos y de compensar el grado de compactación total.

2.8.4.12.3 Residuos líquidos y tóxicos

Ningún residuo líquido ni tóxico de cualquier tipo debe ser aceptado en la celda bajo ningún motivo.

2.8.4.12.4 Residuos de mataderos y carnicerías

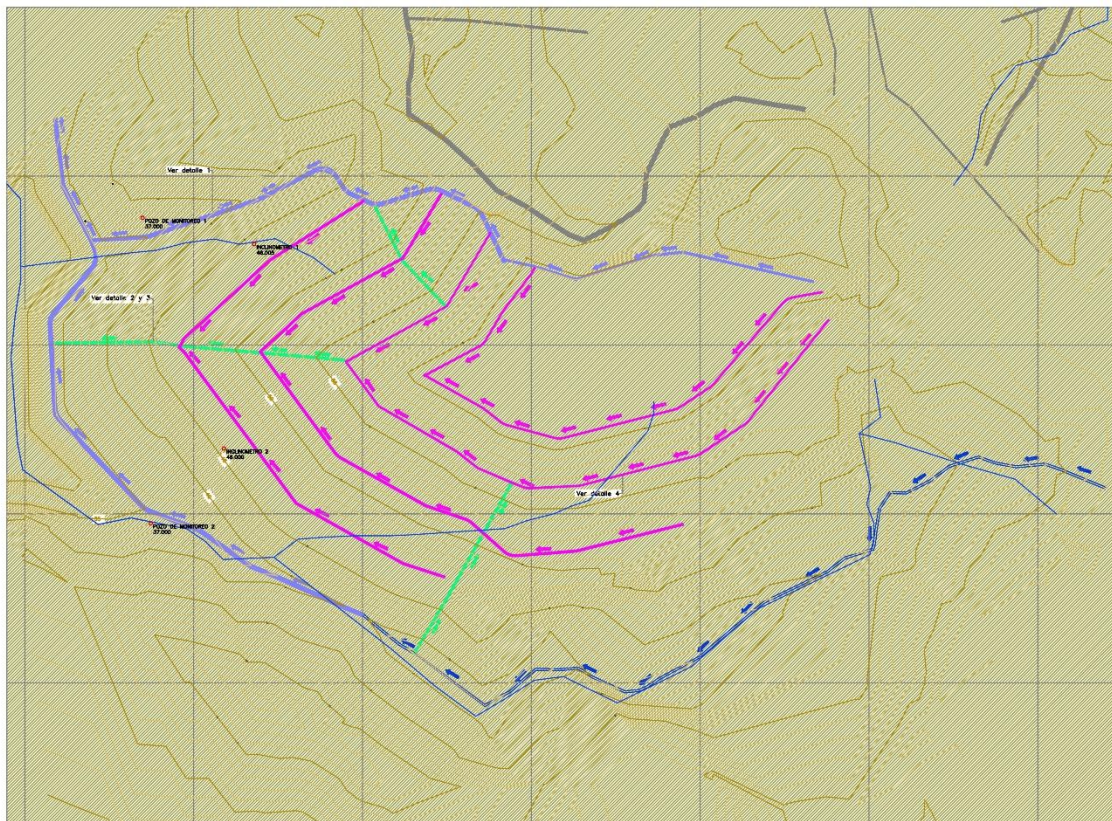
Para este tipo de residuos se debe realizar el mismo proceso de disposición final que para los animales de bajo volumen, esto para evitar la propagación de animales voladores o vectores en la celda.

Es recomendable para el operador que el transporte de este tipo de residuos se realice durante determinadas horas del día, el motivo de esta restricción es que la disposición de los residuos se realice durante el proceso de la conformación de la celda diaria y no finalizando la celda, lo cual ayudaría a evitar que los residuos no permanezcan expuestos mientras el botadero no esté en funcionamiento.

2.8.4.13 Control de agua lluvias

Es importante que el agua lluvia de escorrentía no tenga ningún contacto con los residuos depositados en la celda ya que deberán ser considerados como lixiviados y tratados como tal, deben desviarse rápidamente antes de llegar al frente de trabajo o que se infiltren dentro de la masa de residuos, para la nuevo vaso el diseño propone el manejo de aguas lluvias por medio de zanjas perimetrales, escalonadas y las de geomembrana, las cuales deben tener un mantenimiento periódico, ya que se pueden deteriorar con el paso del tiempo producto de las condiciones climáticas adversas.

Figura 2.37 Manejo de aguas lluvias nuevo vaso de disposición

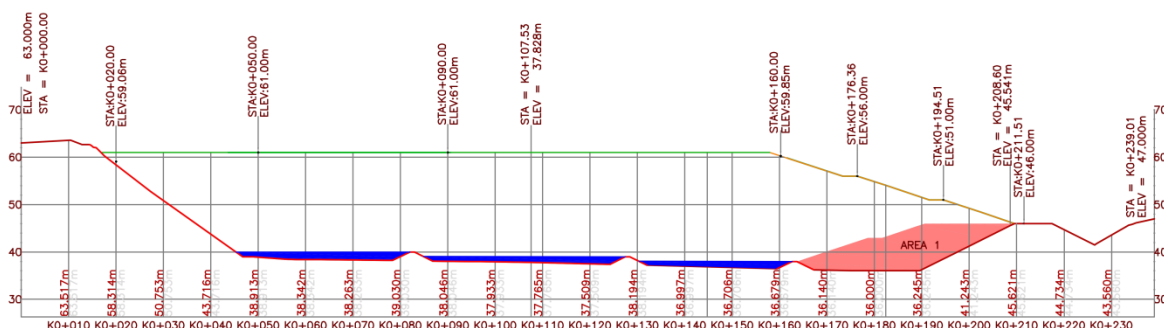


Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

Adicional a esto el diseño propone la conformación de tres diques en el fondo del vaso, el cual dividirá esta en tres, ayudando así a el control de aguas lluvias, dando la posibilidad al operador de dividir el frente de trabajo, mientras el lado más lejano es llenado con residuos, el lado posterior estará vacío, lo cual permitirá empozar el agua lluvia para su posterior bombeo hacia los drenajes naturales cercanos o sistema de drenaje pluvial.

Los diques tendrán un ancho aproximado de cinco (5) metros, una altura de un (1) metro y la corona tendrá un (1) metro de ancho. El bombeo de estas aguas será por medio de una motobomba a combustible, esto para garantizar su utilidad en el bombeo de agua en el futuro vaso de disposición de residuos.

Figura 2.38 Drenaje de aguas lluvias hacia el drenaje pluvial



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

En el frente de trabajo durante el llenado del primer metro de altura se podrá bombear agua lluvia si los residuos de la celda diaria son cubiertos con plástico, lo cual ayudaría a evitar la generación de lixiviados bombeando el líquido de la zona de descargue de residuos hacia los drenajes de agua pluvial aledaños a la celda.

Las medidas más importantes que deben ser tenidas en cuenta para el correcto manejo de aguas lluvias son:

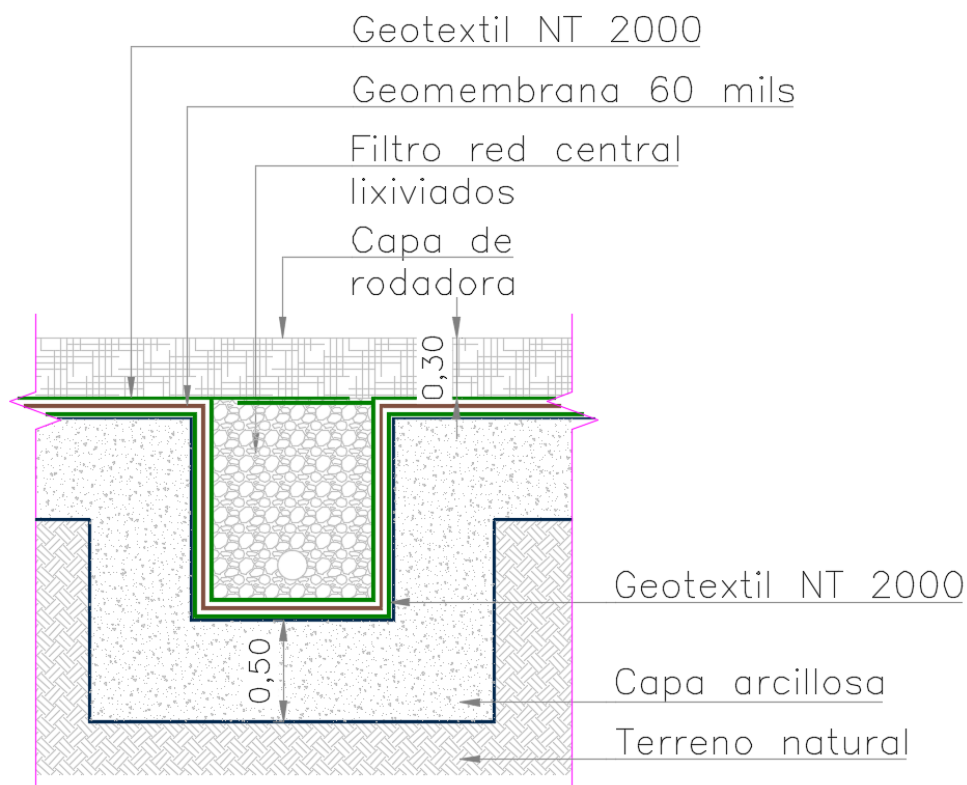
- ✓ El frente de trabajo debe tener un área muy pequeña, es importante ya que mientras más pequeño sea, menor será la lámina de agua que tendrá contacto con los residuos.
- ✓ Dar una pendiente hacia el exterior a la cobertura diariamente.
- ✓ Realizar chequeos de la cobertura diaria, intermedia y final con el fin de evitar encharcamiento de agua.

2.8.4.14 Recolección y manejo de lixiviados

Los lixiviados son un subproducto de la descomposición de la materia orgánica presente en los residuos sólidos, y de la percolación de agua con la masa de residuos, es un líquido con niveles altos de contaminantes, como metales pesados, cloruros, entre otros, que deben ser manejados de una manera adecuada, ya que su llegada a acuíferos subterráneos se traduce en el riesgo de afección a la salud de las personas que se abastecen de estos acuíferos.

El diseño del nuevo vaso considera una red principal construida con un filtro francés, de dimensiones de 1m de alto *1m de ancho, una tubería de 250 mm de diámetro, con tubería HDPE, con perforaciones de 3/8 en tres bolillo, ya que esto garantiza el paso de los lixiviados por la red.

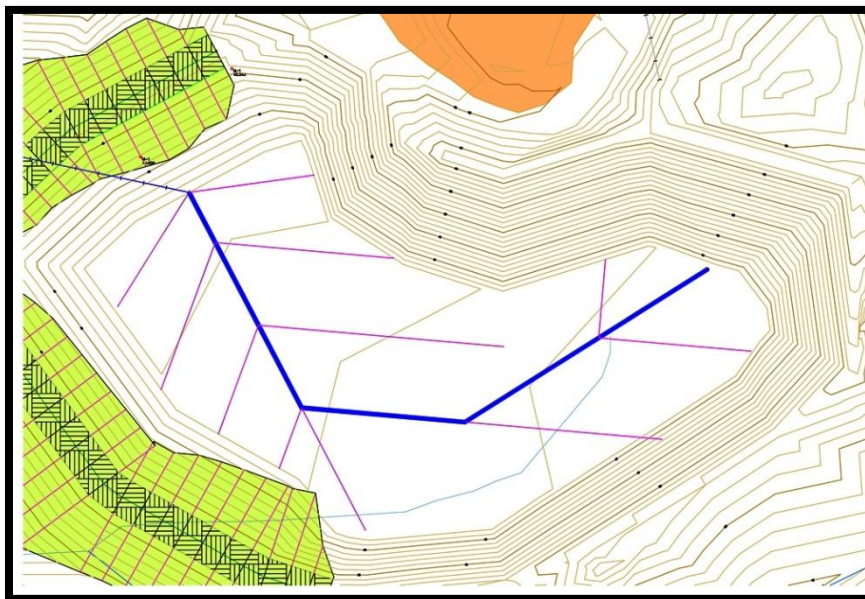
Figura 2.39 Esquema de la red principal de drenaje de lixiviados



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

A esta red principal de drenaje estará dirigida una red secundaria diseñada de la misma manera con un filtro francés de 0.8 m de alto * 0.8 m de ancho, los dos tipos de filtro se recubren con un geotextil NT2000, la red estará interconectada con cajas de transición que servirá para enlazar tramos en los cambios de dirección, o cambios de pendientes según el caso, a la salida de la red de lixiviados, en el punto más bajo del vaso de disposición se instalara un pozo de inspección (Manhole), con el fin de realizar seguimientos mantenimientos y monitoreos, a los caudales, y también funciona como una alternativa de contingencia en el caso de taponamientos y sedimentación en la red, también procesos de colmatación en la tubería.

Figura 2.40 Red de lixiviados

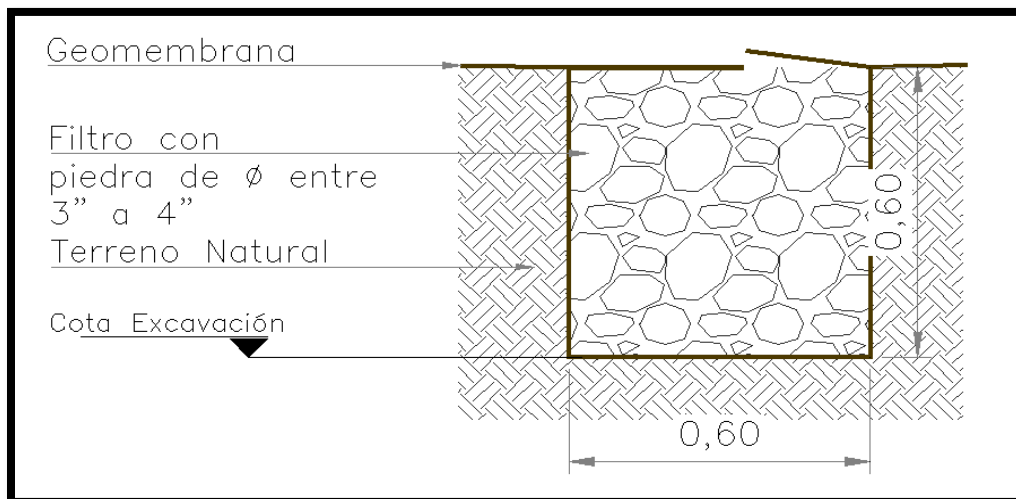


Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

Se debe especificar que una vez se realice la separación por medio del dique para el control de aguas lluvias, la red de lixiviados deberá ser obstruida por medio de un tapón, el cual evite que, en el área donde no se realizan actividades de disposición de residuos, las aguas lluvias sean drenadas por la tubería de drenaje de lixiviados.

Una vez llegue el frente de trabajo al área donde se está realizando el bombeo de aguas lluvias, se retirará el tapón y así se permitirá el drenaje de lixiviados de esa zona hacia la red de desagüe de lixiviados.

Figura 2.41 Esquema de zanjas del sistema de drenaje de lixiviados



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

Una vez sea clausurada la celda de transición se trasladarán el sistema de tanques que son utilizados en la recirculación del lixivia hacia las cercanías de la laguna de lixiviados, de esta forma los lixiviados serán conducidos hacia un sistema de tanques en serie, el cual cuenta con un tanque de 30m^3 y un tanque de 1m^3 , realizando el mismo funcionamiento que se requería en la celda de transición.

De estos tanques se dirigirá hacia la laguna de lixiviados que será descrita a continuación.

2.8.4.15 Laguna de lixiviados

Se plantea la construcción de una laguna de lixiviados con un área de 3669.15 m^2 , la cual garantiza el almacenamiento de 12789 m^3 de lixiviados dando un tiempo de retención de 21 días.

Figura 2.42 Laguna de lixiviados



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

Una vez que la laguna alcance su volumen total de capacidad hidráulica se iniciara un proceso de recirculación de lixiviados hacia la masa de residuos del vaso.

La recirculación consistirá en el bombeo del líquido hacia los residuos del frente de trabajo, esto se realizará por medio de un sistema de goteo y por aspersores similar al de los riegos de cultivos, el sistema también contará con una motobomba de una potencia no menor a un caballo de fuerza, permitiendo así la recirculación del lixiviado hacia la masa de residuos.

Los lixiviados que se generan dentro del vaso de disposición serán dirigidos hacia la laguna de lixiviados, de donde se impulsara la recirculación de estos hacia la masa de residuos del vaso.

El propósito de esta acción es evitar la contaminación constante de las fuentes hídricas.

La recirculación permitirá regar en el día y en épocas de verano para lograr evaporar estas aguas de residuos.

2.8.4.15.1 Estimación de Caudales

Para determinar la capacidad de las bombas es necesario conocer los caudales a bombear.

Para el caso del sistema de recirculación planteado para el botadero de Marmolejo el caudal se determinó estimando una generación de lixiviado diariamente.

Una vez realizado el cálculo se determinó que el caudal de bombeo debe ser de 10 l/s en cada zona del relleno para evacuar el lixiviado generado. Estos bombes pueden ser periódicos para no saturar la zona y que existan escorrentías de lixivados.

2.8.4.15.2 Estación de Bombeo Y Línea de Impulsión

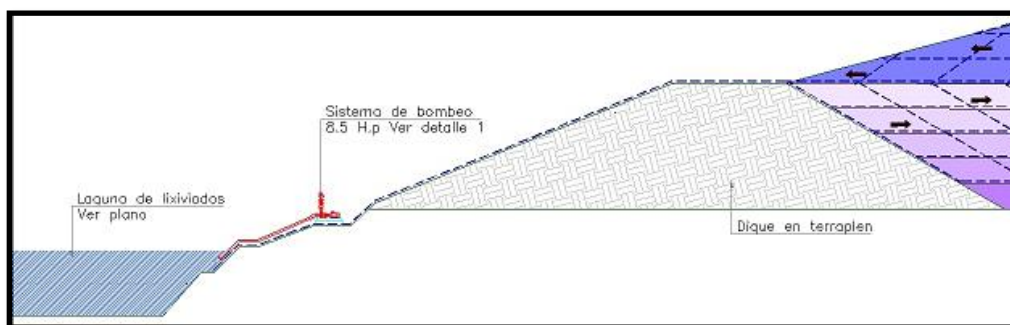
El agua proveniente del proceso de degradación de los residuos sólidos y de la infiltración al relleno de las lluvias, se planea bombearla para riego en el mismo relleno, por lo cual se debe construir una estación de bombeo, una línea de impulsión y una red de riego.

El agua será extraída de la laguna de oxidación con una succión de dos (2) metros antes del suelo para no arrastrar los sólidos decantados.

2.8.4.15.3 Estación de Bombeo de Agua de Lavado Y Línea de Impulsión

La caseta de bombeo estará ubicada a 7 metros de la laguna de lixivados a una altura de dos metros.

Figura 2.43 Caseta de bombeo



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

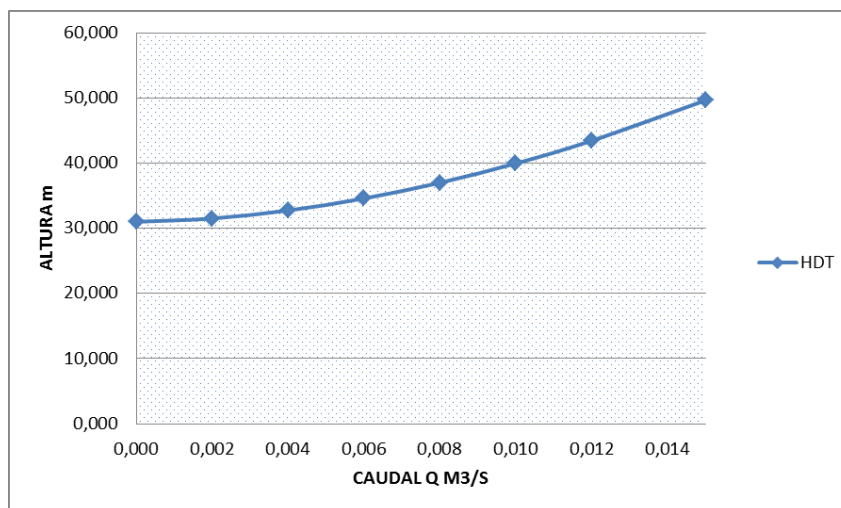
El mantenimiento de esta bomba deberá ser mensual ya que se encontrará todo el tiempo de la jornada laboral encendida.

Tabla 2.4 Curva del sistema

Q	Vel	Hf	Hest	Htot
0,000	0,000	0,000	31,000	31,000
0,002	0,369	0,507	31,000	31,507
0,004	0,738	1,734	31,000	32,734
0,006	1,108	3,576	31,000	34,576
0,008	1,477	5,993	31,000	36,993
0,010	1,233	8,955	31,000	39,955
0,012	2,215	12,444	31,000	43,444
0,015	1,29324422	18,634	31,000	49,634

Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

Figura 2.44 Curva del sistema



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

Tabla 2.5 Resumen del cálculo de bombas a instalar

PERDIDAS DE CARGA EN EL MULTIPLE DE IMPULSION (Hf)		
Diámetro interno	0,0831	m
Numero de Bombas Funcionando	1	un
Q por bomba	10	lps
Velocidad	1,8400	m/s
Rugosidad absoluta (mm), v	0,0015	mm
Rugosidad relativa	0,0000	
Longitud tubería de impulsión (m)	246,8000	m
Viscosidad Cinemática (m2/s)	0,00000114	
Numero de Reynolds	134482,4556	
coeficiente de fricción, f	0,0173	
perdida en la tubería Hf	8,9500	

Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

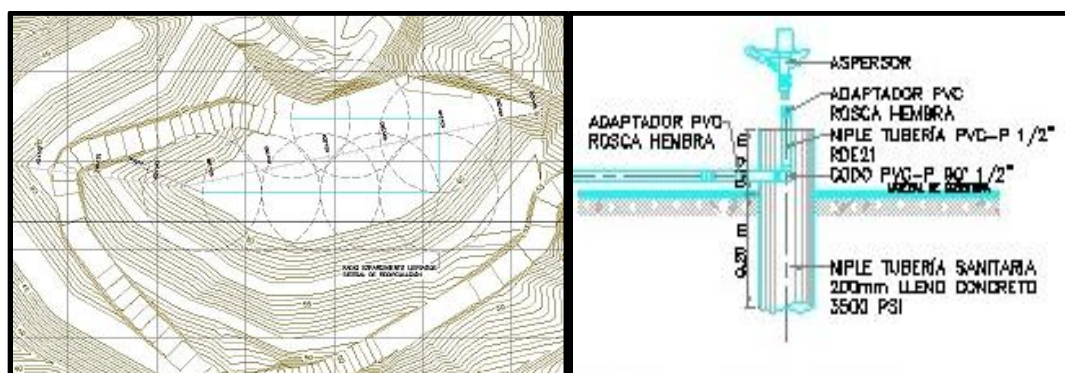
Tabla 2.6 Datos de la bomba requerida:

Q	Vel	Hf	Hest	HDT	Potencia real (kW)	eficiencia	Potencia nominal (kW)	Hp
0,000	0,000	0,000	31,000	31,000	0,000	0,600	0,000	0,00
0,002	0,369	0,507	31,000	31,507	0,614	0,600	1,024	1,37
0,004	0,738	1,734	31,000	32,734	1,276	0,600	2,127	2,85
0,006	1,108	3,576	31,000	34,576	2,022	0,600	3,371	4,52
0,008	1,477	5,993	31,000	36,993	2,885	0,600	4,808	6,44
0,010	1,233	8,955	31,000	39,955	3,895	0,600	6,491	8,70
0,012	2,215	12,444	31,000	43,444	5,082	0,600	8,470	11,35
0,015	1,29324422	18,634	31,000	49,634	7,258	0,600	12,096	16,21

Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

El sistema de riego de lixiviados será realizado por medio de aspersores, los cuales serán removibles de acuerdo al llenado del vaso.

Figura 2.45 red de aspercion de lixiviados



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

Para el mantenimiento de esta red de drenaje se propone la instalación de un MANHOLE que permita el acceso al final de la red y así realizar su mantenimiento preventivo o arreglos de obstrucciones. Se deberá realizar mantenimiento preventivo periódico a la motobomba que realiza la recirculación del lixiviado, evitando daños a la maquinaria.

2.8.4.16 Recolección y manejo de gases para evitar malos olores

Los olores causados por la degradación de los residuos generan un problema de grandes proporciones que afecta la buena operación de los sitios de disposición final para residuos sólidos, entre las más comunes se encuentran:

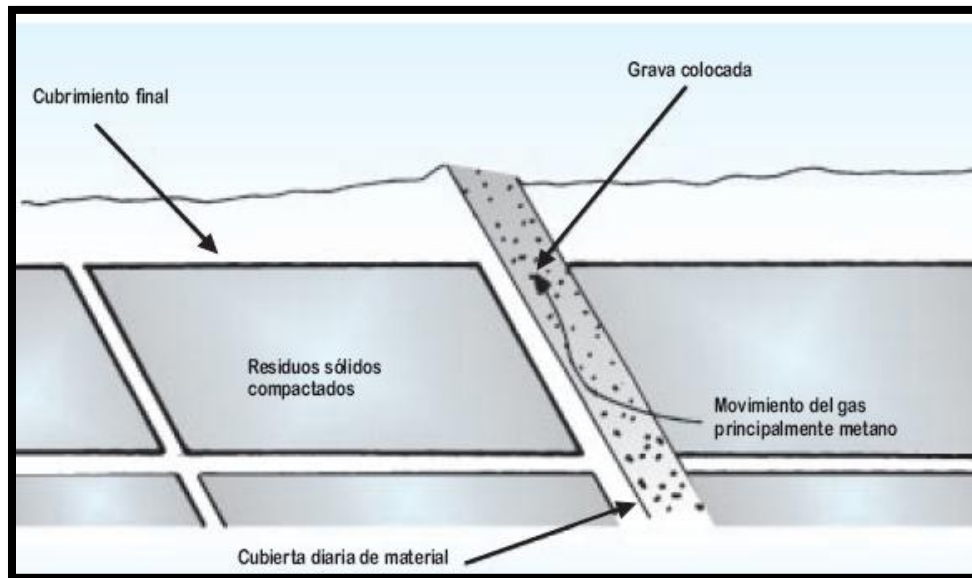
- ✓ Quejas por los vecinos
- ✓ Molestias públicas

Adicional a estas problemáticas, el inadecuado control de estos olores también puede ir acompañados de gases tóxicos que logran afectar de manera directa la salud de los vecinos, los malos olores se producen en gran parte por la descomposición de la fracción orgánica presente en los residuos, también por los lixiviados, lodos y sulfuros. Una de las medidas más adecuada para el control de olores es la cobertura diaria de los residuos que estén en proceso de descomposición.

Sin embargo, el mal olor no es el único subproducto de la disposición final de residuos sólidos, otro subproducto es la generación de biogás, el cual se produce por la descomposición anaerobia de la fracción orgánica presente en los residuos, este compuesto presenta un alto porcentaje de metano, el cual es un gas altamente contaminante, con una proporción de 40 veces más efecto invernadero que el CO₂.

Para mitigar esos olores desagradables y posibles bolsas de gases dentro de las celdas se instalan chimeneas, que se emplea con el fin de quemar el biogás, es un proceso muy sencillo, y consiste en la instalación de tubos en PVC o en HDPE (polietileno de alta densidad) que debe penetrar hasta el 80% de la masa de residuos, se consideran diámetros entre 100 y 160 mm y se colocan en una perforación de 40 a 60 cm pueden estar espaciadas según diseño y puede variar entre 30 y 50 m, deben tener un sello de arcilla el cual garantiza la inexistencia de escapes, y las tuberías deben estar conectadas en este caso a una antorcha, que cumple la función de incinerar este gas.

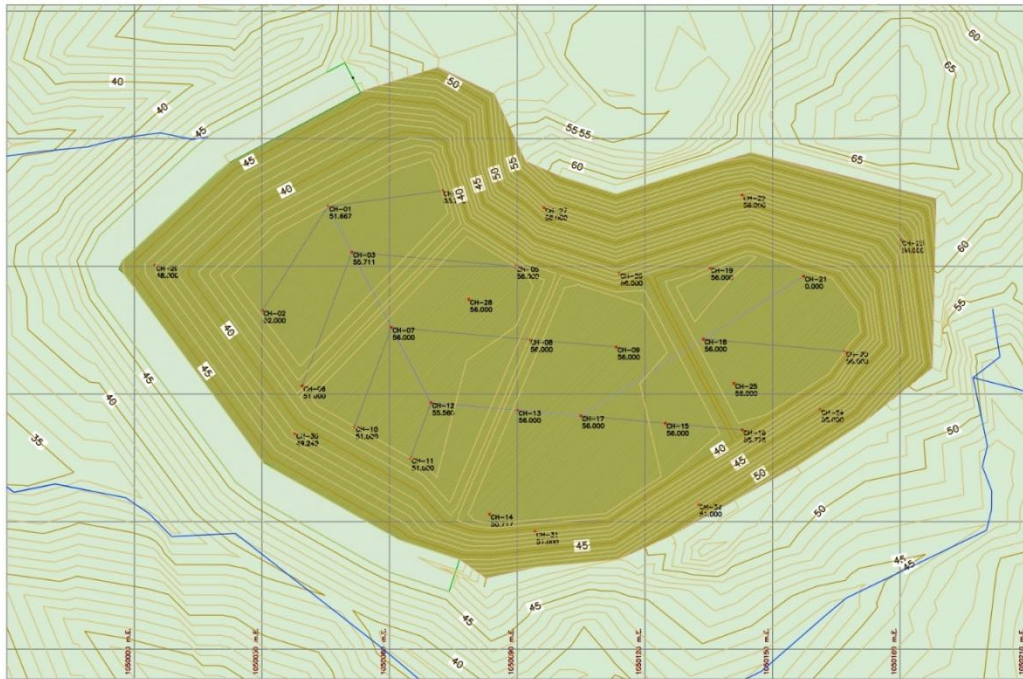
Figura 2.46 Sistema de drenaje de gases en rellenos sanitarios



Fuente Guía para Rellenos Sanitarios <http://www.cortolima.gov.co/>

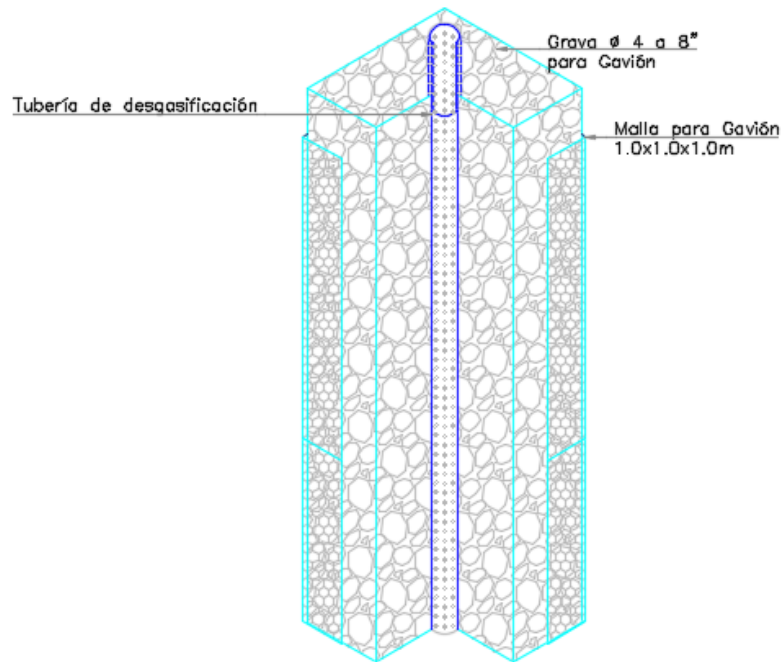
El diseño de la red de drenaje de biogás para el nuevo vaso proyecta la construcción de treinta y dos (32) gaviones verticales compuestos por una malla electro soldada de triple torsión de calibre 12, de dimensión 1.0*1.0*1.0 para un volumen de 1m³ y relleno por un material granular de 4" a 8". En la siguiente figura se presenta la distribución de gaviones en la celda de disposición y posteriormente se presenta el diseño del gavión propuesto.

Figura 2.47 Distribución de chimeneas en la celda de disposición



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

Figura 2.48 Gavión vertical



Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

El proceso operativo de la red de drenaje de biogás se realizará a medida de la conformación de las celdas diarias y al llenado de la celda en general, una vez los residuos alcanzan la altura del gavión, se realiza la extensión del gavión respetando las dimensiones iniciales, este proceso se repite las veces necesarias de acuerdo al llenado de la celda.



Foto 2.1 Red de drenaje de biogás y ubicación de gaviones

Fuente: Relleno sanitario la Glorita – Pereira 2015

2.8.4.17 Control para estabilidad de taludes

Para evitar deslizamientos en la conformación de los taludes del lleno de la celda, los taludes del terreno se deberán construir de tal manera que no causen erosión y puedan darle buena estabilidad al relleno, uno de los controles para esta situación es tener una relación hasta 3:1 (H: V), las terrazas deben tener una pendiente del 2% hacia los taludes interiores, esto con la finalidad de permitir el drenaje de lixiviado.

Se debe tener en cuenta también que los ángulos naturales de reposo de los materiales no deben excederse bajo ninguna circunstancia, evitar encharcamientos en las terrazas cuando se usen como vías temporales de acceso, lo cual contribuye también a brindar mayor estabilidad a la obra.

Por último, se deben ejecutar controles de estabilidad durante y después de la conformación de los taludes.

Para lo cual se propone la instalación de dos inclinómetros una vez se esté en el proceso de cierre de la celda, estos inclinómetros permitirán tener un seguimiento del movimiento de los residuos dentro de los taludes, la lectura del inclinómetros deberá realizarse conjuntamente con los inclinómetro que queden ubicados en el botadero que se encuentra en proceso de cierre.

2.8.5 PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

En este capítulo se describirá el proceso constructivo del nuevo vaso propuesto para el municipio de Quibdó.

De acuerdo a los diseños del nuevo vaso se propone realizar los siguientes procesos constructivos:

2.8.5.1 Preparación del sitio

La preparación del terreno hace referencia a las adecuaciones para poder dar inicio a la recepción y disposición de los residuos sólidos, para la preparación del terreno para la celda se consideró:

2.8.5.1.1 Descapote y excavación del área del proyecto

El descapote y excavación hace referencia a los movimientos de tierra para adaptar el terreno natural a los diseños, donde se deben seguir la especificación técnica que diga este.

El descapote consistirá en la remoción de la capa vegetal y de otros materiales blandos del área de construcción. El descapote no se deberá limitar a la sola remoción de la capa vegetal, sino que incluirá la extracción de cepas y raíces después del descapote, aproximadamente 10 cm del horizonte inicial del suelo. Así se asegurará la remoción total de la capa vegetal del área de construcción.

La excavación consistirá en las operaciones necesarias para ejecutar las excavaciones o cortes, que se requieran en la construcción de canales de riego y drenaje, estructuras, zanjas para tubería, carreterales y descoles, de acuerdo con los alineamientos, perfiles y secciones señalados en los planos de diseño.

La profundidad de excavación del nuevo vaso de disposición será de diez (10) metros desde la cota del terreno, dando así un valor de excavación de 72.878.2 m³. Se deberá disponer de un sitio

de acopio para el material de descapote, y un sitio donde sirva para centro de acopio para material de cobertura.

El material de descapote deberá disponerse en un sitio distinto al material de excavación, esto con la finalidad que el material de excavación podrá ser utilizado para cobertura diaria del frente de trabajo del nuevo vaso y para utilizarlo en el cierre del botadero actual.

2.8.5.1.2 Vía de acceso

Durante la excavación de la celda se realizará simultáneamente la vía de acceso al vaso de la celda, esta vía tendrá una longitud de aproximadamente 70 metros desde la orilla de la celda, y taludes con relación 1H:1V, y una capa de rodadura con un espesor de 30 cm y pendientes promedio que no superan el 15 %.

2.8.5.1.3 Dique en terraplén

Los Terraplenes forman parte de uno de los dos grandes grupos de las obras de tierra, al igual que los Desmontes. Son también denominados Rellenos y generalmente son obras de ingeniería que consisten en grandes acumulaciones de tierra que se compactan y estabilizan para servir de soporte a cualquier obra de ingeniería.

Los terraplenes típicos incluyen caminos, presas, diques, canales, y bermas.

Para el caso del proyecto el dique seleccionado es un dique en terraplén, el cual es una estructura realizadas con materiales tipo suelo, con tamaños máximos generalmente inferiores a 100 – 150 mm y poseen bajo contenido en finos. Se construyen mediante capas compactadas.

El correcto proceso constructivo de un terraplén comprende diversas etapas, las cuales en conjunto de diversas operaciones constructivas se enfocan a conseguir las adecuadas características resistentes y estructurales exigidas a cada capa, asegurando el buen funcionamiento de la infraestructura.

Para una buena calidad del terraplén es importante tener en cuenta que una mala ejecución puede ocasionar problemas que afectaran a la funcionalidad de la carretera, al igual que una mala compactación provocaría asentamientos excesivos del terraplén generando problemas de inestabilidad como colapso o desmoronamiento de la infraestructura física de la obra.

La construcción del terraplén se dividirá en tres fases:

- ✓ Operaciones Previas
- ✓ Construcción del terraplén

- ✓ Terminación del terraplén.

2.8.5.1.3.1 Operaciones previas

Desbroce del terreno:

Consiste en extraer y retirar de la zona afectada por la traza de la carretera todos los árboles, plantas, maderas caídas, basura o cualquier otro material indeseable que pueda producir inconvenientes al desarrollo de la obra o al futuro comportamiento de la vía.

Durante este proceso se recomienda extraer todos las protuberancias y raíces, especialmente aquéllos de diámetro superior a 10cm; que deberán ser eliminados hasta una profundidad de aproximadamente 50cm por debajo de la superficie natural del terreno. Así como también los huecos causados por la extracción de este tipo de elementos como los pozos y agujeros existentes en la zona de trabajo, deberán rellenarse y compactarse adecuadamente para evitar que estas zonas se comporten como puntos débiles en la estructura del terreno.

Eliminación de la capa de tierra vegetal:

Es la eliminación de la capa más superficial del terreno, generalmente compuesta por un alto porcentaje de materia orgánica, esta debe ser removida debido a que puede presentar procesos de oxidación y mineralización afectando la estabilidad de la obra.

Escarificado:

Esta etapa consiste en escarificar y recompactar el terreno una vez se ha terminado la etapa de eliminación de tierra vegetal, es recomendable realizar esta compactación a una profundidad entre 15 y 25 cm, dependiendo de las condiciones en que se encuentre dicho suelo.

Este proceso permite la disgregación de la capa superficial del terreno, efectuada por medios mecánicos. Generalmente se emplean herramientas especiales acopladas a maquinas tractoras de gran potencia que se encargan simultáneamente de la eliminación del terreno vegetal y del proceso de escarificado.

Esta etapa se realiza con el fin de homogeneizar la composición del suelo y facilitar su posterior recompactación, haciendo que este proceso sea más efectivo, eventualmente puede recurrirse al empleo de conglomerantes tales como cal y cemento para mejorar las características del suelo.

Sobre esta capa de terreno se asentará el cimientó del terraplén, por lo que es necesario que quede preparada para una correcta recepción de esta primera capa de relleno.

2.8.5.1.3.2 Construcción del Terraplén

Extendido de la capa de suelo:

Consiste en colocar el material en capas de espesor uniforme y paralelas a la explanada, el mismo deberá ser homogéneo y presentar características uniformes en cada capa; en caso de no presentar esta homogeneidad deberá mezclarse convenientemente hasta conseguirla.

El espesor de cada capa debe ser lo suficientemente reducido que, con los medios disponibles de la obra, se obtenga en todo su espesor el grado de compactación exigido. Por lo general dicho espesor oscila entre los 15 a 20 cm de la capa delgada en suelos finos o secos y de 20 a 40cm de la capa media empleada para suelos granulares o húmedos.

La maquinaria a emplear es muy diversa y la elección de uno u otro modelo dependerán fundamentalmente de la distancia de transporte de las tierras:

- ✓ Para distancias de transporte inferiores a 500m, se emplea el buldócer
- ✓ Si la distancia se halla entre 1 y 5 km, suele emplearse la mototrailla o scrapper para el transporte y posterior extendido.
- ✓ Una distancia superior a los 5km se requiere el empleo de palas cargadoras, camiones para el transporte de tierras y motoniveladoras para su extendido.

Humedad óptima:

Una vez llevado a cabo el extendido de las capas del terreno se procede a condicionar la humedad del suelo esto trae beneficios a la obra como lo son:

- ✓ Asegurar una óptima compactación del material, asegurando la suficiente resistencia y reduciendo los posteriores asentamientos del terraplén.
- ✓ evita que las variaciones de humedad que se produzca después de la construcción provoquen cambios excesivos de volumen en el suelo, ocasionando daños y deformaciones.

Compactación de la capa:

Destinada a aumentar la estabilidad y resistencia mecánica del terraplén; el cual se alcanza utilizando la vibración que permite el vibro compactador, el cual trasmite un peso hacia las partículas que conforman el suelo, produciendo una reordenación de estas, que adoptaran una configuración energéticamente más estable.

La calidad de la compactación ira referida a la densidad máxima obtenida en el ensayo Proctor; lo que indica que para cimientos y núcleos debe ser al menos el 95%, mientras que en coronación debe superar el 100% de la obtenida en el ensayo.

La maquinaria empleada es muy diversa, aunque suele emplearse compactadores vibratorios de llanta metálica lisa, compactadores de neumáticos o rodillos de pata de cabra según el tipo de suelo; en los márgenes y zonas difíciles se emplean vibroapisonadores o planchas vibrantes.

2.8.5.1.3.3 *Terminación del Terraplén*

Una vez terminado el terraplén se realizará el acabado geométrico del mismo reperfilando los taludes y la superficie donde posteriormente se asentará el firme, empleándose generalmente la motoniveladora. También se realiza una última pasada con la compactadora, esto debe realizarse sin aplicar el vibrador, esto con el fin de corregir posibles irregularidades producidas por el paso de la maquinaria y sellar la superficie.

Se recomienda que los taludes sean revegetalizados para así aumentar su estabilidad y favorecer su integración ambiental.

2.8.5.1.4 *Perfilaje de fondo*

Según el diseño de la celda, el fondo debe tener una pendiente del 3%, el cual permitirá el drenaje de los lixiviados hacia la parte norte de la celda.

2.8.5.1.5 *Construcción de zanjas y filtros franceses la red de drenaje de lixiviados*

En esta fase se debe construir la red secundaria y la red principal de drenaje de lixiviados por medio de zanjas donde posterior a la impermeabilización se construirán los filtros franceses.

Los canales secundarios y la conducción primaria tendrán una pendiente longitudinal que permitirá el drenaje de los lixiviados hacia la parte norte de la celda. Para la construcción de los canales el

trabajo comprende la apertura de la zanja, el suministro y colocación de geotextil NT-2000, relleno en material granular, colocación y apisonamiento del sello en material arcilloso y la disposición final de todos los desechos provenientes de las excavaciones.

Para realizar el corazón del filtro deberá usarse material filtrante el cual puede ser compuesto por areniscas o cantos rodados, libres de finos, sanos, durables y no alterados. Se debe evitar a toda costa la incorporación de material como fragmentos de lutita o arcillolita. Las partículas de material filtrante tendrán como diámetro mínimo 2.5 cm (1") y como diámetro máximo 7.5 cm. (3").

Se deberá colocar material geotextil drenante no tejido entre el material filtrante y el suelo natural, lo cual sería en las paredes del canal y la base de la zanja, también se debe aplicar entre el material filtrante y el suelo arcilloso, lo cual sería el techo del filtro. No se debe adicionar material de geotextil defectuoso, con rupturas o maltratado. Los materiales provenientes de la excavación de la zanja podrán ser empleados en el sellado del filtro, si así lo considera el constructor.

Una vez abierta la zanja se procederá a extender el rollo de geotextil directamente sobre ésta. La tela deberá ser protegida de manera que se eviten al máximo perforaciones o rasgaduras que disminuyan considerablemente su efectividad.

Seguido a esto, los fragmentos de material filtrante se colocarán sobre el geotextil, de manera que este baje progresivamente por gravedad hasta ocupar la excavación. El material deberá ser empujado manualmente hacia las esquinas de la zanja para evitar la presencia de vacíos en los vértices del filtro.

Para empalmar dos segmentos de geotextil deberá dejarse como mínimo 50 cm de cada fragmento, aplicando el método de termofusión entre ellos para adicionarlos evitando dejar vacíos o segmentos separados. Una vez realizado esto se procederá con la construcción del filtro hasta llegar a su fin.

2.8.5.1.6 Impermeabilización

El principal objetivo es evitar la infiltración de los lixiviados hacia acuíferos subterráneos, lo cual no sólo contaminaría a éstos, imposibilitando su uso como agua potable, sino también a otros acuíferos superficiales vinculados.

La impermeabilización del fondo se realiza con el empleo de membranas sintéticas o geomembranas para este caso se instalará una Geomembrana de 60 mils en un área aproximada de 5000 m², la cual tienen un espesor no menor a 2 mm, que impiden el contacto de los residuos con el suelo y la percolación de los lixiviados, protegiendo así las aguas subterráneas. Se debe instalar Geomembrana, la cual debe estar:

- ✓ Sin perforaciones, roturas, burbujas o cavidades
- ✓ No debe tener torsiones diagonales
- ✓ Su espesor debe ser homogénea
- ✓ Impermeables para paso de agua.
- ✓ Resistentes al calor, condiciones climáticas adversas y roedores
- ✓ Resistentes a desgaste mecánico (roturas, pinchazos)

Se deberá realizar un anclaje de la Geomembrana al suelo, esto se recomienda realizarse excavando un hueco en el borde de la celda, el cual será cubierto con el borde de la Geomembrana y posteriormente será rellenado con material para que esta no ceda, evitando desplazarse sobre el área de trabajo.

2.8.5.1.7 Construcción de la red de drenaje del biogás

Se deberá realizar la instalación de 11 gaviones a lo largo y ancho de la celda, se deberán realizar con las especificaciones técnicas del diseño, en cada gavión se ubicará una chimenea de quema de gas, la red de drenaje del biogás también permitirá el drenaje de lixiviados hacia la red principal de estos. Una vez realizado este proceso constructivo se iniciará el llenado de la celda

3 INVERSIONES

3.1 CONSTRUCCIÓN

Tabla 3.1 Cantidades y construcción para operación

ÍTEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
SISTEMA DE PESAJE				
Instalación y puesta en marcha (bascula)	glb	1	22,800,000	22,800,000
Foso acceso y plataforma de hormigón	glb	1	18,900,000	18,900,000
Obras de drenaje	glb	1	2,000,000	2,000,000
CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS SECTORIALES				
Reforestación	glb	1	18,000,000	18,000,000
Pozos de monitoreo	un	2	7,629,553	15,259,106
Piezómetros	un	3	7,282,233	21,846,698
Inclinómetros	un	2	4,449,553	8,899,106
TOTAL				107,704,910

Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

3.2 EQUIPO Y MAQUINARIA REQUERIDA

A continuación, se plantea la maquinaria mínima requerida durante la operación de la celda de transición:

Tabla 3.2 Maquinaria requerida

ÍTEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
MAQUINARIA				
Buldócer D6T o similar	Un	1	1,005,000,000	1,005,000,000
Volqueta Kenworth T370 (7m3)	Un	1	213,793,103	213,793,103
Electrobomba	Un	2	4,364,768	8,729,536
EQUIPO				
Muebles oficina	glb	1	20,000,000	20,000,000
Equipos de cómputo	Un	2	800,000	1,600,000
Impresoras	Un	2	299,000	598,000
Extintores área administrativa	Un	2	80,000	160,000
Extintores áreas de operación	Un	2	80,000	160,000
TOTAL, MAQUINARIA Y EQUIPOS				1.250.040.640

Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

Se propone el alquiler de un Buldócer Caterpillar D6N XL con el propósito de trabajar simultáneamente en el sitio del botadero, esto debido a que se deberá trabajar en el cierre y clausura del botadero actual y al mismo tiempo se deberá iniciar obras de la celda transitoria, para lo cual se utilizará el buldócer existente.

Adicional a esto se deberá alquilar un vibro compactador el cual ayude a llegar al punto de compactación óptimo de los residuos depositados en la celda de transición. De esta manera se podrá garantizar la vida útil de la celda de acuerdo con el diseño.

Es de aclarar que el buen funcionamiento de los equipos y la apropiada capacitación técnica en el empleo adecuado de estos, son parte importante para una exitosa operación en la disposición final de residuos, Por tal motivo, es necesaria la supervisión de su empleo por medio de seguimiento a los empleados, capacitaciones, formatos de registro de actividad, y eventualidades.

Para el control del uso adecuado de la maquinaria y equipos se recomienda:

- ✓ Verificar si el tipo y cantidad de equipo y maquinaria contemplados en el proyecto están siendo utilizados para la operación del relleno sanitario.
- ✓ Control de talleres y suministros (mantenimiento preventivo y correctivo, combustibles).
- ✓ Mantenimiento preventivo diario y uso de Bitácoras y revisiones de mantenimiento.
- ✓ En caso de sustitución de equipo y /o maquinaria, verificar que concuerden con las especificaciones requeridas.

3.3 PERSONAL REQUERIDO

Para los cálculos de personal se considera tanto el personal operativo como el administrativo requerido para la operación de la celda.

3.3.1 Personal operativo

Tabla 3.3 personal área de operación del relleno

CARGO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
Operario buldócer	2	\$ 1,200,000.00	\$ 2,400,000.00
Auxiliares de descarga	2	\$ 1,200,000.00	\$ 2,400,000.00
Operario vibro compactador	2	\$ 2,160,000.00	\$ 4,320,000.00
Controlador bascula	1	\$ 1,200,000.00	\$ 1,200,000.00
Operario volqueta	1	\$ 1,440,000.00	\$ 1,440,000.00
Supervisor relleno sanitario	1	\$ 2,400,000.00	\$ 2,400,000.00
Total	9	\$ 9,600,000.00	\$ 14,160,000.00

Fuente Consorcio Soluciones Hidrosuelos, 2015

3.3.2 Personal administrativo

Tabla 3.4 personal área administrativa

CARGO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
Gerente	1	4,217,500	4,217,500
Director seguridad ocupacional y medio ambiente	1	1,446,000	1,446,000
Total			5,663,500

Fuente: Consorcio Soluciones Hidrosuelos 2015

El personal presente dentro del sitio de disposición debe estar estructurado según las funciones que cada uno debe cumplir.

3.3.3 Procesos operativos desde entrada hasta disposición final

El proceso operativo de la disposición final de residuos en la celda está conformado por las etapas anteriormente ya descritas, estas etapas son:

- ✓ Control de Ingreso: inspección visual, registro de Hora de ingreso y salida
- ✓ Registro y Báscula: Peso del vehículo al ingreso y salida, origen, identificación del vehículo y empresa transportadora.
- ✓ Descargue: vaciado del vehículo en la zanja.
- ✓ conformación de las celdas diarias
- ✓ Recolección y tratamiento de lixiviados
- ✓ tratamiento de gases.

El proceso operativo está compuesto por tres aspectos:

3.3.3.1 Dirección operativa y/o técnica

La Dirección General Técnica Operativa tiene encomendada la atención y conclusión de las tareas jurídicas y administrativas del sitio de disposición final de residuos sólidos, Controla y supervisa a los trabajadores administrativos y jefes de áreas., la dirección general técnica operativa tiene entre sus funciones las siguientes:

- ✓ Dirección Operativa de la instalación
- ✓ Gestión de información y elaboración de informes.
- ✓ Coordinación con Interventoría
- ✓ Gestión diaria de trabajos en operación
- ✓ Supervisión y control de residuos en el proceso de disposición.
- ✓ Tratamiento de lixiviados

3.3.3.2 Dirección administrativa

La Dirección Administrativa es la encargada de planificar, organizar, dirigir y controlar, todas aquellas actividades que conlleven al buen funcionamiento administrativo del sitio de disposición final de residuo sólido, esto debe realizarlo de forma eficiente, eficaz y efectiva para el control de los recursos financieros, bienes y materiales. Entre sus funciones se encuentran:

-
- ✓ Gestión Aditiva, control y facturación de entradas
 - ✓ Gestión de Servicios Generales
 - ✓ Gestión nóminas de personal
 - ✓ Gestión de vigilancia
 - ✓ Gestión de suministros de agua y combustibles

3.3.3.3 Operación y mantenimiento

La fase de operación y mantenimiento es suma mente importante en el proceso operativo del Relleno, una buena operación permite mejorar la rentabilidad y sostenibilidad del manejo de los residuos, es fundamental optimizar las operaciones de control de entrada, descargue y manejo final de los residuos, esto para mejorar las operaciones dentro y fuera del Relleno, así aumentar el tiempo productivo del proceso. La operación y mantenimiento tiene entre sus fases las siguientes:

- ✓ Compactación de residuos
- ✓ Movimiento de tierras
- ✓ Control de Operación
- ✓ Mantenimiento preventivo de la maquinaria
- ✓ Reemplazo de maquinaria defectuosa

4 BIBLIOGRAFÍA

1. Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico – Titulo F. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (RAS actualizado 2012). Bogotá Colombia.
2. Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado. Ministerio del Ambiente. (2012). Lima. Perú.
3. Guía Para el Diseño, Construcción Y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales. Jorge Jaramillo. (1991). Washington, D.C.
4. Guía Ambiental Para Rellenos Sanitarios. Ministerio Del Medio Ambiente (2012). Bogotá. Colombia.
5. Manual Para la Supervisión Y Control de Rellenos Sanitarios. Secretaria del Medio Ambiente Y Recursos Naturales. (2006). México.
6. Diseño de Rellenos Sanitarios _Unidad 2_ Operación Y Mantenimiento de Rellenos Sanitarios. Universidad Nacional Abierta Y a Distancia. (2009). Bogotá. Colombia.

5 INFOGRAFIA

1. <https://www.cortolima.gov.co/SIGAM/cartillas/rellenossanitarios/Rellenos%20sanitarios%201.pdf>
2. http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358045/ContenidoLinea/unidad_2_operacin_y_mantenimiento_de_rellenos_sanitarios.html
3. <http://diariodelagua.com/wp-content/uploads/Titulo-F-sistemas-de-aseo-urbano.pdf>